



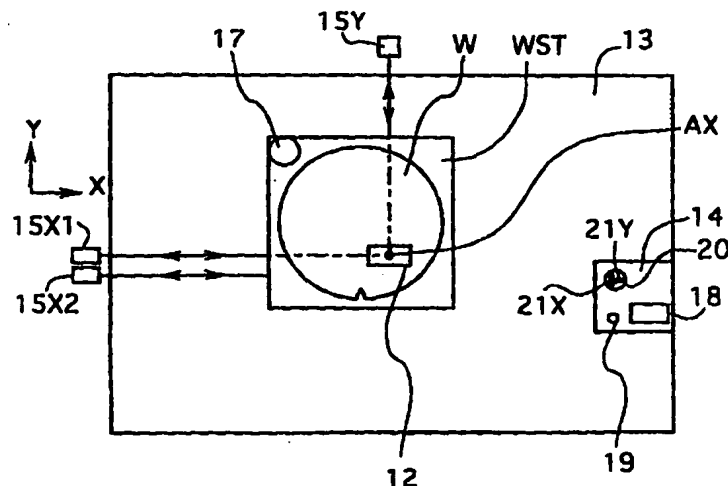
PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類6 H01L 21/027, G03F 7/20</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO99/23692</p> <p>(43) 国際公開日 1999年5月14日(14.05.99)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/04843</p> <p>(22) 国際出願日 1998年10月26日(26.10.98)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平9/299775 1997年10月31日(31.10.97) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 (富士ビル) Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および</p> <p>(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 谷口哲夫(TANIGUCHI, Tetsuo)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 (富士ビル) 株式会社 ニコン (知的財産本部) 内 Tokyo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 大菅義之(OSUGA, Yoshiyuki) 〒102-0084 東京都千代田区二番町8番地20 二番町ビル3F Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54)Title: ALIGNER AND EXPOSURE METHOD

(54)発明の名称 露光装置および露光方法



(57) Abstract

A wafer is put on a wafer stage which is placed on a surface plate transferably in an X-direction and a Y-direction. The pattern image of a reticle is exposed in an exposure region on the wafer and the reticle and the wafer are scanned in the Y-direction to perform exposure. A measurement stage is placed on the surface plate transferably in the X-direction and the Y-direction independently of the wafer stage. A space image detection system which includes a dose monitor, an illuminance unevenness sensor and a measurement plate in which a slit is formed is set up on the measurement stage. As the wafer stage may have only minimum functions necessary for exposure, the size and weight of the wafer stage can be reduced. With this constitution, the size of a stage for the alignment of a reticle or a wafer can be reduced while the function of measuring the state of an exposing light or image forming characteristics is maintained.

## (57)要約

定盤上にX方向、Y方向に移動自在に配置されたウエハステージ上にウエハが載置され、ウエハ上の露光領域内にレチクルのパターン像が露光され、レチクル及びウエハをY方向に走査することで露光が行われる。定盤上にウエハステージとは独立にX方向、Y方向に移動自在に計測用ステージが配置され、計測用ステージ上に照射量モニタ、照度むらセンサ、及びスリットが形成された測定板を含む空間像検出系が設置されている。ウエハステージは露光に必要な最小限の機能を備えればよいとため、ウエハステージが小型化、軽量化できる。

これにより、露光光の状態、又は結像特性を計測する機能を維持した上で、レチクル、又はウエハを位置決めするためのステージを小型化する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SG	シンガポール
AL	アルバニア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SI	スロヴェニア
AM	アルメニア	FR	フランス	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AT	オーストリア	GA	ガボン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AU	オーストラリア	GB	英国	LT	リトアニア	SN	セネガル
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BG	ブルガリア	GW	ギニア・ビサウ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ		共和国	TT	トリニダード・トバゴ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	ML	マリ	UA	ウクライナ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UG	ウガンダ
CA	カナダ	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	US	米国
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UZ	ウズベキスタン
CG	コンゴ	IL	イスラエル	MX	メキシコ	VN	ヴェトナム
CH	スイス	IN	インド	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラビア
CI	コートジボワール	IS	アイスランド	NL	オランダ	ZA	南アフリカ共和国
CM	カメルーン	IT	イタリア	NO	ノールウェー	ZW	ジンバブエ
CN	中国	JP	日本	NZ	ニュージーランド		
CU	キューバ	KE	ケニア	PL	ポーランド		
CY	キプロス	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
CZ	チェコ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DE	ドイツ	KR	韓国	RU	ロシア		
DK	デンマーク	KZ	カザフスタン	SD	スーダン		
EE	エストニア	LC	セントルシア	SE	スウェーデン		

## 明 細 書

## 露光装置および露光方法

## 5 技術分野

本発明は、例えば半導体素子、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等を製造するためのリソグラフィ工程中で、マスクパターンを感光性の基板上に転写するために使用される露光装置および露光方法に関し、特に露光ビームの状態、又は結像特性等を計測するための計測装置を備えた露光装置に使用して好適なものである。

## 背景技術

半導体素子等を製造する際に、所定の露光光のもとでマスクとしてのレチクルのパターンを投影光学系を介してレジストの塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上に転写する工程で、従来は一括露光型の投影露光装置（ステッ

15 パー）が多用されていた。最近では、投影光学系を大型化することなく大面積のレチクルのパターンを高精度に転写するために、レチクル及びウエハを投影光学系に対して同期走査して露光を行うステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型の投影露光装置（走査型露光装置）も注目されている。

20 これらの露光装置では、常に適正な露光量で、且つ高い結像特性を維持した状態で露光を行う必要があるため、レチクルの位置決めを行うレチクルステージ、又はウエハの位置決めを行うウエハステージには、露光光の照度等の状態、及び投影倍率等の結像特性を計測するための計測装置が備えられている。例えばウエハステージに備えられている計測装置としては、投影光学系に対する露

25 光光の入射エネルギーを計測するための照射量モニタ、及び投影像の位置やコ

ントラスト等を計測するための空間像検出系等がある。一方、レチクルステージ上に備えられている計測装置としては、例えば投影光学系の結像特性計測用に用いられる指標マークが形成された基準板がある。

- 上記の如き従来の露光装置においては、レチクルステージ、又はウエハステージに設けられた計測装置を用いて、露光量の適正化が図られると共に、高い結像特性が維持されていた。これに対して、最近の露光装置には、半導体素子等を製造する際の露光工程のスループット（生産性）を高めることも要求されている。スループットを向上させるための方法としては、単位時間当たりの露光エネルギーを増加させる方法の他に、ステージの駆動速度を大きくして、一括露光型ではステッピング時間を短縮し、走査露光型ではステッピング時間及び走査露光時間を短縮する方法がある。

- このようにステージの駆動速度を向上させるには、ステージ系が同じ大きさである場合にはより大きい出力の駆動モータを使用すればよく、逆に従来と同じ出力の駆動モータで駆動速度を向上させるには、ステージ系を小型化、軽量化する必要がある。ところが、前者のようにより大きい出力の駆動モータを使用すると、その駆動モータから発生する熱量が増大する。このように増大する熱量は、ステージ系の微妙な熱変形を生じて、露光装置で要求されている高い位置決め精度が得られなくなる恐れがある。そこで、位置決め精度の劣化を防止して、駆動速度を向上するには、後者のようにステージ系をできるだけ小型化、軽量化することが望まれる。

- 特に、走査露光型の露光装置では、駆動速度の向上によって走査露光時間も短縮されてスループットが大きく改善されると共に、ステージ系の小型化によってレチクルとウエハとの同期精度も向上して、結像性能や重ね合わせ精度も向上するという大きな利点がある。ところが、従来のようにレチクルステージ、又はウエハステージに各種計測装置が備えられている場合には、ステージを小

型化するのには困難である。

更に、レチクルステージ、又はウエハステージに露光光の状態、又は結像特性等を計測するための計測装置が備えられている場合、その計測装置には通常ランプ等の熱源が付属していると共に、計測中に露光光の照射によってその計測装置の温度が次第に上昇する。その結果、レチクルステージ、又はウエハステージが微妙に熱変形して、位置決め精度や重ね合わせ精度等が劣化する恐れもある。現状では、計測装置の温度上昇による位置決め精度等の劣化は僅かなものであるが、今後、半導体素子等の回路パターンが一層微細化するにつれて、計測装置の温度上昇の影響を抑制する必要性が高まると予想される。

- 5 10 本発明は斯かる点に鑑み、露光光の状態、又は結像特性を計測する機能を維持した状態で、レチクル、又はウエハを位置決めするためのステージを小型化できる露光装置を提供することを第1の目的とする。

- 更に本発明は、露光光の状態、又は結像特性を計測する計測装置を備えると共に、その計測装置を使用して計測する際の温度上昇の悪影響を軽減できる露光装置を提供することを第2の目的とする。
- 15

本発明は斯かる点に鑑み、露光光の状態、又は結像特性を計測する機能を維持した状態で、レチクル、又はウエハを位置決めするためのステージを小型化できる露光方法を提供することを第3の目的とする。

- 更に本発明は、露光光の状態、又は結像特性を計測する計測装置を備えると共に、その計測装置を使用して計測する際の温度上昇の悪影響を軽減できる露光方法を提供することを第4の目的とする。
- 20

#### 発明の開示

- 本発明による第1の露光装置は、マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光装置において、そのマスクとその基板との何れ
- 25

か一方を保持して所定の領域を移動する第1のステージと、その第1のステージとは独立した第2のステージと、この第2のステージに取り付けられてその露光ビームの状態を計測する計測装置と、を備えたものである。

斯かる本発明によれば、本来の露光に使用するその第1のステージには露光  
5 に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1のステージの大きさは必要最小限にできるため、ステージの小型化、軽量化が可能になる。一方、露光に直接必要がなく、露光ビームの照度等の状態を計測する計測装置は、別の第2のステージに搭載されるため、露光ビームの状態も計測できる。

この場合、その計測装置の一例は、露光ビームの全体のパワーを計測する光  
10 電センサ、又はその露光ビームの照度分布を計測する照度むらセンサ等である。

また、その第2のステージは、一例として例えばその第1のステージの移動面上で、その第1のステージとは独立に移動自在に配置されているものである。このとき、その第1のステージの代わりにその第2のステージを配置することによって、マスク、又は基板が実際に配置される面の近傍での露光ビームの状  
15 態が計測できる。

また、その露光ビームが照射される位置とその露光ビームが照射されない位置との間でその第1のステージを移動させる制御装置を備えることが望ましい。このとき、計測時にはその第1のステージが露光ビームの照射位置から待避される。

20 また、その露光ビームが照射される位置とその露光ビームが照射されない位置との間でその第2のステージを移動させる制御装置を備えることが望ましい。これによって、計測時にはその第2のステージの計測装置が露光ビームの照射位置に移動する。

また、その第1のステージがその露光ビームを照射される位置に有るときに、  
25 その第2のステージをその露光ビームが照射されない位置に位置決めする制御

装置を備えることが望ましい。これによって、露光時、及び計測時で2つのステージを効率的に使い分けられる。

次に、本発明による第2の露光装置は、マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光装置において、そのマスクと基板との何  
5 れか一方を保持して所定の領域を移動する第1のステージと、その第1のステージとは独立した第2のステージと、この第2のステージ上に配置されてその投影光学系の結像特性を計測する計測装置と、を備えたものである。

斯かる本発明によれば、その第1のステージには露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1のステージの小型化、軽量化が可能に  
10 なる。一方、露光に直接必要がなく、ディストーション等の結像特性を計測する計測装置は、別の第2のステージに搭載されるため、結像特性も計測できる。

この場合、その計測装置の一例は、投影像の位置センサ、計測用指標マーク、又は計測用基準面等である。

また、その第2のステージは、一例として例えばその第1のステージの移動  
15 面上で、その第1のステージとは独立に移動自在に配置されているものである。このとき、その第1のステージの代わりにその第2のステージを配置することによって、その基板が実際に配置される面での結像特性が計測できる。

また、その第1のステージではその基板を保持しており、その投影光学系による露光領域内の位置と、この露光領域の外側の所定の位置との間でその第1  
20 のステージを移動させる制御装置を備えることが望ましい。このとき、計測時にはその第1のステージが露光領域から待避される。

同様に、その投影光学系による露光領域内の位置と、この露光領域の外側の所定の位置との間でその第2のステージを移動させる制御装置を備えることが望ましい。このとき、計測時にはその第2のステージの計測装置が露光領域に  
25 移動する。

次に、本発明の第3の露光装置は、マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光装置において、その露光ビームの状態を計測する計測装置が配置されたステージと、このステージに備えられてその計測装置を冷却する冷却装置と、を有するものである。

- 5      斯かる本発明によれば、その計測装置を使用して露光ビームの照度等を計測する際にその計測装置が温度上昇しても、その冷却装置によって冷却されるため、露光部にはその温度上昇の影響が及ばない。

- 次に、本発明の第4の露光装置は、マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光装置において、その投影光学系の結像特性を  
10    計測する計測装置が配置されたステージと、このステージに備えられてその計測装置を冷却する冷却装置と、を有するものである。

斯かる本発明によれば、その計測装置を使用して結像特性を計測する際にその計測装置が温度上昇しても、その冷却装置によって冷却されるため、露光部にはその温度上昇の影響が及ばない。

- 15    次に、本発明の第5の露光装置は、マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光装置において、そのマスクとその基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動する第1のステージと、その露光ビームの状態を計測する計測装置が搭載された第2のステージと、その第1のステージとその第2のステージとの間に配置され、その第2のステージから伝導する  
20    熱を遮断する断熱部材と、を備えたものである。

斯かる本発明によれば、その計測装置が熱源を含んでいても、又はその計測装置を使用して露光ビームの照度等を計測する際にその計測装置が温度上昇しても、その断熱部材によって熱伝導が阻害され、露光部にはその熱源や温度上昇の影響が及ばない。

- 25    この場合、その断熱部材の一例は、熱伝導率の低い固体材料、又は温度調整



された気体である。温度調整された気体としては、空調されている気体等が使用される。

次に、本発明の第6の露光装置は、マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光装置において、その基板を保持して所定の領域を移動する第1のステージと、その投影光学系の結像特性を計測する計測装置が搭載された第2のステージと、その第1のステージとその第2のステージとの間に配置され、その第2のステージから伝導する熱を遮断する断熱部材と、を備えたものである。

斯かる本発明によれば、その計測装置を使用して結像特性を計測する際にその計測装置が温度上昇しても、又はその計測装置が熱源を含んでいても、その断熱部材によって熱伝導が阻害されるため、露光部にはその温度上昇等の影響が及ばない。

この場合も、その断熱部材の一例は、熱伝導率の低い固体材料、又は温度調整された気体である。

本発明による第1の露光方法は、マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光方法において、第1のステージが、そのマスクとその基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動するステップと、その第1のステージとは独立した第2のステージに取り付けられた計測装置が、その露光ビームの状態を計測するステップとを含むものである。

斯かる本発明によれば、本来の露光に使用するその第1のステージには露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1のステージの大きさは必要最小限にできるため、ステージの小型化、軽量化が可能になる。一方、露光に直接必要がなく、露光ビームの照度等の状態を計測する計測装置は、別の第2のステージに搭載されるため、露光ビームの状態も計測できる。

この場合、その計測装置の一例は、露光ビームの全体のパワーを計測する光

電センサ、又はその露光ビームの照度分布を計測する照度むらセンサ等である。

また、その第2のステージは、一例として例えばその第1のステージの移動面上で、その第1のステージとは独立に移動自在に配置されているものである。このとき、その第1のステージの代わりにその第2のステージを配置すること  
5 によって、マスク、又は基板が実際に配置される面の近傍での露光ビームの状態が計測できる。

また、その第1のステージの移動は、その露光ビームが照射される位置とその露光ビームが照射されない位置との間で行われることが望ましい。このとき、計測時にはその第1のステージが露光ビームの照射位置から待避される。

10 また、その第2のステージが、その露光ビームが照射される位置とその露光ビームが照射されない位置との間で移動するステップとをさらに含むことが望ましい。これによって、計測時にはその第2のステージの計測装置が露光ビームの照射位置に移動する。

また、その第1のステージがその露光ビームを照射される位置に有るときに、  
15 その第2のステージをその露光ビームが照射されない位置に位置決めするステップとをさらに含むことが望ましい。これによって、露光時、及び計測時で2つのステージを効率的に使い分けられる。

次に、本発明による第2の露光方法は、マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光方法において、第1のステージが、その  
20 マスクとその基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動するステップと、その第1のステージとは独立した第2のステージ上に配置された計測装置が、その投影光学系の結像特性を計測するステップとを含むものである。

斯かる本発明によれば、本来の露光に使用するその第1のステージには露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1のステージの小  
25 型化、軽量化が可能になる。一方、露光に直接必要がなく、ディストーション

等の結像特性を計測する計測装置は、別の第2のステージに搭載されるため、結像特性も計測できる。

この場合、その計測装置の一例は、投影像の位置センサ、計測用指標マーク、又は計測用基準面等である。

- 5      また、その第2のステージは、一例として例えばその第1のステージの移動面上で、その第1のステージとは独立に移動自在に配置されているものである。このとき、その第1のステージの代わりにその第2のステージを配置することによって、その基板が実際に配置される面での結像特性が計測できる。

- 10      また、その第1のステージはその基板を保持しており、その第1のステージの移動は、その投影光学系による露光領域内の位置とこの露光領域の外側の所定の位置との間で行われることが望ましい。このとき、計測時にはその第1のステージが露光領域から待避される。

- 15      同様に、その第2のステージが、その投影光学系による露光領域内の位置とこの露光領域の外側の所定の位置との間で移動するステップとをさらに含むことが望ましい。このとき、計測時にはその第2のステージの計測装置が露光領域に移動する。

- 20      次に、本発明の第3の露光方法は、マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光方法において、ステージに配置された計測装置が、その露光ビームの状態を計測するステップと、このステージに備えられた冷却装置が、その計測装置を冷却するステップとを含むものである。

斯かる本発明によれば、その計測装置を使用して露光ビームの照度等を計測する際にその計測装置が温度上昇しても、その冷却装置によって冷却されるため、露光部にはその温度上昇の影響が及ばない。

- 25      次に、本発明の第4の露光方法は、マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光方法において、ステージに配置された計測装

置が、その投影光学系の結像特性を計測するステップと、このステージに備えられた冷却装置が、その計測装置を冷却するステップとを含むものである。

斯かる本発明によれば、その計測装置を使用して結像特性を計測する際にその計測装置が温度上昇しても、その冷却装置によって冷却されるため、露光部  
5 にはその温度上昇の影響が及ばない。

次に、本発明の第5の露光方法は、マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光方法において、第1のステージが、そのマスクとその基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動するステップと、第2のステージに取り付けられた計測装置が、その露光ビームの状態を計測する  
10 ステップと、その第1のステージとその第2のステージとの間に配置された断熱部材により、その第2のステージから伝導する熱を遮断するステップとを含むものである。

斯かる本発明によれば、その計測装置が熱源を含んでいても、又はその計測装置を使用して露光ビームの照度等を計測する際にその計測装置が温度上昇し  
15 ても、その断熱部材によって熱伝導が阻害され、露光部にはその熱源や温度上昇の影響が及ばない。

この場合、その断熱部材の一例は、熱伝導率の低い固体材料、又は温度調整された気体である。温度調整された気体としては、空調されている気体等が使用される。

20 次に、本発明の第6の露光方法は、マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光方法において、第1のステージが、その基板を保持して所定の領域を移動するステップと、第2のステージに搭載された計測装置が、その投影光学系の結像特性を計測するステップと、その第1のステージとその第2のステージとの間に配置された断熱部材により、その第2の  
25 ステージから伝導する熱を遮断するステップとを含むものである。

斯かる本発明によれば、その計測装置を使用して結像特性を計測する際にその計測装置が温度上昇しても、又はその計測装置が熱源を含んでいても、その断熱部材によって熱伝導が阻害されるため、露光部にはその温度上昇等の影響が及ばない。

- 5      この場合も、その断熱部材の一例は、熱伝導率の低い固体材料、又は温度調整された気体である。

#### 図面の簡単な説明

- 10      第1図は、本発明の第1の実施の形態の投影露光装置を示す概略構成図である。

第2図は、第1図のレチクルステージRST、及び計測用ステージ5を示す平面図である。

第3図は、第1図のウェハステージWST、及び計測用ステージ14を示す平面図である。

- 15      第4図は、本発明の第1の実施の形態において、計測用ステージ14を用いて露光光の状態等を計測する場合の説明に供する平面図である。

第5図は、本発明の第2の実施の形態の投影露光装置のウェハステージ、及び計測用ステージを示す平面図である。

- 20      第6図は、本発明の第2の実施の形態の投影露光装置のウェハステージ、及び計測用ステージを示す正面図である。

第7図は、本発明の第3の実施の形態の投影露光装置を示す一部を切り欠いた概略構成図である。

第8図は、第7図の投影露光装置のウェハステージを示す平面図である。

- 25      第9図は、本発明の第4の実施の形態の投影露光装置のウェハステージを示す平面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の第1の実施の形態につき第1図乃至第4図を参照して説明する。

- 5 第1図は本例で使用されるステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置を示し、この第1図において露光時には、露光光源、ビーム整形光学系、照度分布均一化用のフライアイレンズ、光量モニタ、可変開口絞り、視野絞り、及びリレーレンズ系等を含む照明系1から射出された露光光ILは、ミラー2、及びコンデンサレンズ3を介してレチクルRのパターン面（下面）のスリット
- 10 状の照明領域を照明する。露光光ILとしては、KrF（波長248nm）、若しくはArF（波長193nm）等のエキシマレーザ光、YAGレーザの高調波、又は水銀ランプのi線（波長365nm）等が使用できる。照明系1内の可変開口絞りを切り換えることによって、通常の照明方法、輪帯照明、いわゆる変形照明、及び小さいコヒーレンスファクタ（ $\sigma$ 値）の照明等の内の所望
- 15 の照明方法を選択できるように構成されている。露光光源がレーザ光源である場合には、その発光タイミング等は装置全体の動作を統轄制御する主制御系10が、不図示のレーザ電源を介して制御する。

- レチクルRのその露光光ILによる照明領域9（第2図参照）内のパターンの像は、投影光学系PLを介して投影倍率 $\beta$ （ $\beta$ は、 $1/4$ 倍、又は $1/5$ 倍
- 20 等）で縮小されて、フォトリソが塗布されたウエハW上のスリット状の露光領域12に投影される。以下、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で走査露光時のレチクルR及びウエハWの走査方向に直交する非走査方向（即ち、第1図の紙面に垂直な方向）に沿ってX軸を取り、走査方向（即ち、第1図の紙面に平行な方向）に沿ってY軸を取って説明する。

- 25 先ず、ウエハWのアライメント用のオフ・アクシス方式で画像処理方式のア

ライメントセンサ 16 が投影光学系 PL に隣接して設けられており、アライメントセンサ 16 の検出信号が主制御系 10 内のアライメント処理系に供給されている。アライメントセンサ 16 は、ウェハ W 上に形成されている位置合わせ用のマーク（ウェハマーク）等の位置検出を行うために使用される。アライメントセンサ 16 の検出中心と投影光学系 PL によるレチクル R の投影像の中心との間隔（ベースライン量）は予め高精度に求められて、主制御系 10 内のアライメント処理系に記憶されており、アライメントセンサ 16 の検出結果、及びそのベースライン量よりウェハ W の各ショット領域とレチクル R の投影像とが高精度に重ね合わせられる。不図示であるが、レチクル R の上方にはレチクル R 上のアライメントマークを検出するためのレチクルアライメント顕微鏡が配置されている。

次に、レチクル R は、レチクルステージ RST 上に真空吸着によって保持され、レチクルステージ RST は、Y 方向に平行に配置された 2 本のガイド 4 A 及び 4 B 上にエアベアリングを介して Y 方向に移動自在に載置されている。

更に本例では、ガイド 4 A 及び 4 B 上に、レチクルステージ RST とは独立にエアベアリングを介して Y 方向に移動自在に計測用ステージ 5 が載置されている。

第 2 図は、レチクルステージ RST 及び計測用ステージ 5 を示す平面図であり、この第 2 図において、Y 方向（走査方向）に伸びたガイド 4 A 及び 4 B に沿って、それぞれ不図示のリニアモータ等によって Y 方向に駆動されるようにレチクルステージ RST、及び計測用ステージ 5 が載置されている。ガイド 4 A、4 B の長さは、走査露光時のレチクルステージ RST の移動ストロークよりも、少なくとも計測用ステージ 5 の幅分だけ長く設定されている。また、レチクルステージ RST は、Y 方向に移動する粗動ステージと、この粗動ステージ上で 2 次元的な位置が微調整できる微動ステージとを組み合わせ構成され

ている。

そして、計測用ステージ5上にX方向に細長いガラス板よりなる基準板6が固定され、基準板6上に投影光学系PLの結像特性計測用の複数の指標マークIMが所定の配置で形成されている。基準板6は、レチクルRに対する露光光

5 のスリット状の照明領域9、より正確には投影光学系PLのレチクルR側の視野を覆うことができるだけの大きさを備えている。基準板6を使用することで、結像特性計測用の専用レチクルを用意しておく必要がなく、且つ、実露光用のレチクルRとその専用レチクルとの交換時間も不要となるため、結像特性を高頻度に計測でき、投影光学系PLの経時変化に正確に追従することができる。

- 10 このように本例では、基準板6用の計測用ステージ5が独立に設けられ、本来のレチクルステージRST上には、レチクルRの他に計測用の部材は搭載されていない。即ち、レチクルステージRSTは、走査露光のために必要最小限の走査、及び位置決め機能のみを備えればよいと、レチクルステージRSTの小型化、軽量化が実現されている。従って、レチクルステージRSTをより
- 15 高速に走査できるため、露光工程のスループットが向上する。特に縮小投影の場合には、レチクルステージRSTの走査速度はウエハステージの走査速度の $1/\beta$ 倍（例えば4倍、5倍等）になるため、走査速度の上限はレチクルステージでほぼ決定されることがあり、この場合には本例では特にスループットが大きく向上する。

- 20 また、ガイド4A、4Bに対して+Y方向に設置されたレーザ干渉計7YからレチクルステージRSTの+Y方向の側面の移動鏡にレーザビームが照射され、+X方向に設置された2軸のレーザ干渉計7X1、7X2からレチクルステージRSTの+X方向の側面の移動鏡にレーザビームが照射され、レーザ干渉計7Y、7X1、7X2によってレチクルステージRSTのX座標、Y座標、
- 25 及び回転角が計測され、計測値が第1図の主制御系10に供給され、主制御系



10はその計測値に基づいてリニアモータ等を介してレチクルステージR S Tの速度や位置を制御する。また、ガイド4 A, 4 Bに対して-Y方向に設置されたレーザ干渉計8 Yから計測用ステージ5の-Y方向の側面の移動鏡にレーザビームが照射され、レーザ干渉計8 Yによって計測される計測用ステージ5  
5のY座標が主制御系10に供給されている。Y軸のレーザ干渉計7 Y及び8 Yの光軸は、それぞれY方向に沿って照明領域9の中心、即ち投影光学系P Lの光軸A Xを通過しており、レーザ干渉計7 Y及び8 Yは、それぞれ常時レチクルステージR S T及び計測用ステージ5の走査方向の位置を計測している。

そして、結像特性の計測時に、レチクルステージR S Tを+Y方向に待避させて、基準板6が照明領域9を覆うように計測用ステージ5をY方向に移動すると、レーザ干渉計7 X 1, 7 X 2からのレーザビームがレチクルステージR S Tの側面から外れて計測用ステージ5の+X方向の側面の移動鏡に照射されるようになる。このときにレーザ干渉計8 Y及び7 X 1, 7 X 2から得られる計測値に基づいて、主制御系10はリニアモータ等を介して計測用ステージ5  
15の位置を高精度に制御する。なお、この際に基準板6を照明領域9に対してより高精度に位置合わせしたい場合には、基準板6上にアライメントマークを形成しておき、このマークの位置をレチクルアライメント顕微鏡を用いて検出すればよい。

一方、計測中には、レチクルステージR S Tの非走査方向の位置は計測されないが、露光のためにレチクルステージR S Tが照明領域9下に達すれば、再びレーザ干渉計7 X 1, 7 X 2からのレーザビームがレチクルステージR S Tの移動鏡に照射されるようになる。そして、最終的な位置合わせはレチクルアライメント顕微鏡を用いて行われるため、レーザ干渉計7 X 1, 7 X 2からのレーザビームが途切れることの不都合は無い。

25 第1図に戻り、ウエハWは不図示のウエハホルダを介してウエハステージW

S T上に保持され、ウェハステージW S Tは定盤1 3上にエアーベアリングを介してX方向、Y方向に移動自在に載置されている。ウェハステージW S Tには、ウェハWのZ方向の位置（フォーカス位置）、及び傾斜角を制御するフォーカス・レベリング機構も組み込まれている。また、定盤1 3上にウェハステージW S Tとは別体でエアーベアリングを介してX方向、Y方向に移動自在に各種の計測装置が備えられた計測用ステージ1 4が載置されている。計測用ステージ1 4にも、その上面のフォーカス位置を制御する機構が組み込まれている。

第3図は、ウェハステージW S T、及び計測用ステージ1 4を示す平面図であり、この第3図において、定盤1 3の表面の内部には例えば所定の配列でコイル列が埋め込まれ、ウェハステージW S Tの底面、及び計測用ステージ1 4の底面にはそれぞれヨークと共に磁石列が埋め込まれ、そのコイル列、及び対応する磁石列によってそれぞれ平面モータが構成され、この平面モータによってウェハステージW S T、及び計測用ステージ1 4のX方向、Y方向の位置、及び回転角が互いに独立に制御されている。なお、平面モータについては、例えば特開平8-51756号公報においてより詳細に開示されている。

本例のウェハステージW S Tは、露光に必要な最小限の機能のみを備えている。即ち、ウェハステージW S Tは、フォーカス・レベリング機構を備えると共に、ウェハステージW S T上には、ウェハWを吸着保持するウェハホルダ（ウェハWの底面側）と、ウェハステージW S Tの位置計測用の基準マーク板1 7との2つの部材が固定されている。基準マーク板1 7上には、X方向、及びY方向の位置基準となる基準マーク（不図示）が形成されており、この基準マークの位置をアライメントセンサ1 6で検出することによって、ウェハステージW S T（ウェハW）の例えばレチクルRの投影像に対する位置関係が検出される。

- また、計測用ステージ14の表面は、ウエハステージWST上のウエハWの表面とほぼ同じ高さに設定されている。そして、計測用ステージ14には、投影光学系PLを通過した露光光の全部の単位時間当たりのエネルギー（入射エネルギー）を計測するための光電センサよりなる照射量モニタ18、投影光学系PLによるスリット状の露光領域12内での照度分布を計測するための光電センサよりなる照度むらセンサ19、及び結像特性測定用のスリット21X、21Yが形成された測定板20が固定されている。測定板20のX軸のスリット21X、及びY軸のスリット21Yの底面側にはそれぞれ集光レンズ、及び光電センサが配置され、測定板20、及び光電センサ等より空間像検出系が構成されている。なお、そのスリット21X、21Yの代わりに、矩形開口のエッジを使用してもよい。そして、照射量モニタ18の受光面は、露光領域12を覆う大きさに形成されると共に、照度むらセンサ19の受光部はピンホール状となっており、照射量モニタ18及び照度むらセンサ19の検出信号は第1図の主制御系10に供給されている。
- また、測定板20の底部の光電センサの検出信号は第1図の結像特性演算系11に供給されている。この場合、投影光学系PLの結像特性の計測時には、第2図のレチクル側の計測用ステージ5上の基準板6が照明領域9に移動され、基準板6に形成されている指標マークIMの像がウエハステージ側に投影され、その像を計測板20上のスリット21X、21YでそれぞれX方向、Y方向に走査しつつ、底部の光電センサからの検出信号を結像特性演算系11で取り込む。結像特性演算系11では、その検出信号を処理してその指標マークIMの像の位置、及びコントラスト等を検出し、この検出結果より投影像の像面湾曲、ディストーション、ベストフォーカス位置等の結像特性を求めて主制御系10に出力する。更に、不図示であるが、投影光学系PL内の所定のレンズを駆動して所定のディストーション等の結像特性を補正する機構も設けられており、

主制御系 10 はこの補正機構を介して投影光学系 PL の結像特性を補正できるように構成されている。

第 3 図において、計測用ステージ 14 に備えられている照射量モニタ 18、照度むらセンサ 19、及び測定板 20 の底部の光電センサ等のセンサには、何れもアンプ等の発熱源、及び電源や通信用の信号ケーブルが接続されている。従って、それらのセンサが露光用のウエハステージ WST に搭載されていると、センサに付随する熱源や信号ケーブルの張力によって位置決め精度等が劣化する恐れがある。また、結像特性等の計測中の露光光の照射による熱エネルギーも位置決め精度の悪化等を招く恐れがある。これに対して本例では、それらのセンサが露光用のウエハステージ WST から分離された計測用ステージ 14 に設けられているため、ウエハステージ WST を小型化、軽量化できると共に、計測用のセンサの熱源や計測中の露光光の熱エネルギーによる位置決め精度の低下が防止できる利点がある。ウエハステージ WST の小型化によって、ウエハステージ WST の移動速度や制御性が向上し、露光工程のスループットが高まると共に、位置決め精度等がより向上する。

また、定盤 13 に対して +Y 方向に設置されたレーザ干渉計 15 Y からウエハステージ WST の +Y 方向の側面の移動鏡にレーザビームが照射され、-X 方向に設置された 2 軸のレーザ干渉計 15 X 1, 15 X 2 からウエハステージ WST の -X 方向の側面の移動鏡にレーザビームが照射され、レーザ干渉計 15 Y, 15 X 1, 15 X 2 によってウエハステージ WST の X 座標、Y 座標、及び回転角が計測され、計測値が第 1 図の主制御系 10 に供給され、主制御系 10 はその計測値に基づいて平面モータを介してウエハステージ WST の速度や位置を制御する。また、露光光の入射エネルギー等の計測時には、それらの位置計測用のレーザビームは計測用ステージ 14 の移動鏡に照射される。

第 4 図は、露光光の入射エネルギー等の計測時のウエハステージ WST、及

び計測用ステージ14の配置の一例を示し、この第4図に示すようにウエハステージWSTを露光領域12から離れた位置に待避させて、露光領域12が計測用ステージ14上にかかるように計測用ステージ14を移動すると、レーザ干渉計15Y、15X1、15X2からのレーザビームが、ウエハステージWSTの側面から外れて計測用ステージ14の側面の移動鏡に照射されるようになる。このときにレーザ干渉計15Y及び15X1、15X2から得られる計測値に基づいて、主制御系10は平面モータを介して計測用ステージ14の位置を高精度に制御する。なお、平面モータをオープンループで駆動することによってもウエハステージWST、及び計測用ステージ14の位置は大まかに制御できるため、レーザビームが照射されていない状態では、主制御系10はウエハステージWST、及び計測用ステージ14の位置を平面モータを用いてオープンループ方式で駆動する。但し、レーザ干渉計15Y、15X1、15X2の他に、ウエハステージWST、及び計測用ステージ14の位置を所定精度で検出するためのリニアエンコーダ等を設けておき、レーザビームが照射されていない状態では、それらのリニアエンコーダ等を用いて位置計測を行ってもよい。

第1図に戻り、不図示であるが、投影光学系PLの側面には、ウエハWの表面の複数の計測点にスリット像を斜めに投影し、その反射光によって再結像されるスリット像の横ずれ量から対応する計測点のフォーカス位置を検出する斜入射方式の焦点位置検出系（AFセンサ）が配置されている。その焦点位置検出系の検出結果に基づいて、走査露光中のウエハWの表面が投影光学系PLの像面に合焦される。なお、第3図では省略しているが、計測用ステージ14上にはその焦点位置検出系用の基準面を有する基準部材も搭載されている。

次に、本例の投影露光装置の動作につき説明する。まず、ウエハステージ側の計測用ステージ14を用いて投影光学系PLに対する露光光ILの入射光量

を計測する。この場合、レチクルRがロードされた状態での入射光量を計測するために、第1図において、レチクルステージRST上に露光用のレチクルRがロードされ、レチクルRが露光光ILの照明領域上に移動する。その後、第4図に示すように、ウエハステージWSTは定盤13上で例えば+Y方向に待避し、計測用ステージ14が投影光学系PLによる露光領域12に向かって移動する。その後、計測用ステージ14上の照射量モニタ18の受光面が露光領域12を覆う位置で計測用ステージ14が停止し、この状態で照射量モニタ18を介して露光光ILの光量が計測される。

主制御系10では、その計測された光量を結像特性演算系11に供給する。

10 この際に、例えば照明系1内で露光光ILから分岐して得られる光束を検出して得られる計測値も結像特性演算系11に供給されており、結像特性演算系11では、2つの計測値に基づいて、照明系1内でモニタされる光量から投影光学系PLに入射する光量を間接的に演算するための係数を算出して記憶する。

この間に、ウエハステージWSTにはウエハWがロードされる。その後、第3

15 図に示すように、計測用ステージ14は露光領域12から離れた位置に待避し、ウエハステージWST上のウエハWの中心が投影光学系PLの光軸AX（露光領域12の中心）付近に位置するように、ウエハステージWSTの移動が行われる。ウエハステージWSTが待避中であるときには、第4図に示すように、レーザ干渉計15Y、15X1、15X2からのレーザビームは照射されない

20 ため、例えば平面モータをオープンループ方式で駆動することによって位置制御が行われている。

その後、計測用ステージ14が露光領域12から待避して、ウエハステージWSTにレーザ干渉計15Y、15X1、15X2からのレーザビームが照射されるようになった時点で、ウエハステージWSTの位置はそれらのレーザ干渉計の計測値に基づいて制御されるようになる。その後、レチクルRの上方の

25

不図示のレチクルアライメント顕微鏡を用いて、レチクルR上の所定のアライメントマークと、第3図の基準マーク部材17上の所定の基準マークとの位置ずれ量を所定の目標値にするように、レチクルステージRSTを駆動することによって、レチクルRのアライメントが行われる。これとほぼ同時に、その基準マーク部材17上の別の基準マークの位置を第1図のアライメントセンサ16で検出することによって、ウエハステージWSTのレチクルRの投影像に対する位置関係（ベースライン量）が正確に検出される。

次に、アライメントセンサ16を介してウエハW上の所定のショット領域（サンプルショット）に付設されたウエハマークの位置を検出することによって、ウエハWの各ショット領域の配列座標が求められる。その後、その配列座標、及びアライメントセンサ16の既知のベースライン量に基づいて、ウエハWの露光対象のショット領域とレチクルRのパターン像との位置合わせを行いながら、走査露光が行われる。

走査露光時には、第1図において、露光光ILの照明領域9（第2図参照）に対して、レチクルステージRSTを介してレチクルRが+Y方向（又は-Y方向）に速度VRで走査されるのに同期して、露光領域12に対してウエハステージWSTを介してウエハWが-X方向（又は+X方向）に速度 $\beta \cdot VR$ （ $\beta$ は投影倍率）で走査される。走査方向が逆であるのは、投影光学系PLが反転像を投影することによる。そして、1つのショット領域への露光が終了すると、ウエハステージWSTのステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域への露光が順次行われる。この走査露光中には、第2図及び第3図に示すように、ウエハステージ側の計測用ステージ14、及びレチクルステージ側の計測用ステージ5はそれぞれ露光領域外に待避している。

また、露光中には、例えば照明系1内で露光光ILから分岐した光束の光量

- が常時計測されて結像特性演算系 11 に供給され、結像特性演算系 11 では、供給される光量の計測値、及び予め求めてある係数に基づいて投影光学系 PL に入射する露光光 IL の光量を算出し、露光光 IL の吸収によって発生する投影光学系 PL の結像特性（投影倍率、ディストーション等）の変化量を計算し、
- 5 この計算結果を主制御系 10 に供給する。主制御系 10 では、例えば投影光学系 PL 内の所定のレンズを駆動することによって、その結像特性の補正を行う。

- 以上が、通常の露光であるが、本例の投影露光装置のメンテナンス等で装置状態を計測するときには、計測用ステージ 14 を露光領域 12 側に移動して計測を行う。例えば、露光領域 12 内の照度均一性を測定するときには、レチクル R をレチクルステージ RST から除いた後、第 4 図において、照度むらセンサ 19 を露光領域 12 内で X 方向、Y 方向に微動しながら照度分布を計測する。この際に、計測用ステージ 14 の位置をより正確に求める必要があれば、ウエハステージ WST と同様に基準マーク部材 17 に相当する基準マーク部材を計測用ステージ 14 上に設け、アライメントセンサ 16 でその基準マーク部材内
- 10
- 15 の基準マークの位置を測定するようにしてもよい。

- 次に、レチクルステージ側の計測用ステージ 5、及びウエハステージ側の計測用ステージ 14 を用いて、投影光学系 PL の結像測定を測定する動作につき説明する。この場合、第 2 図において、レチクルステージ RST は +Y 方向に待避して、計測用ステージ 5 上の基準板 6 が照明領域 9 内に移動する。このとき、計測用ステージ 5 には非走査方向のレーザ干渉計 7X1, 7X2 からのレーザビームも照射されるようになるため、レーザ干渉計 8Y, 7X1, 7X2 の計測値に基づいて計測用ステージ 5 の位置は高精度に位置決めできる。
- 20

- このときに、既に説明したように、ウエハステージ側には複数の指標マーク IM の像が投影光学系 PL を介して投影される。この状態で、第 4 図において、
- 25 計測用ステージ 14 を駆動して、測定板 20 上のスリットでその指標マーク I



Mの像をX方向、Y方向に走査し、測定板20の底部の光電センサの検出信号を結像特性演算系11で処理することによって、それらの像の位置、及びコントラストが求められる。また、測定板20のフォーカス位置を所定量ずつ変えながら、それらの像の位置、及びコントラストが求められる。これらの測定結果より、結像特性演算系11は、投影光学系PLの投影像のベストフォーカス位置、像面湾曲、ディストーション（倍率誤差を含む）といった結像特性の変動量を求める。この変動量は主制御系10に供給され、その変動量が許容範囲を超える場合には、主制御系10は投影光学系PLの結像特性を補正する。

上記の実施の形態では、第3図に示すように、ウエハステージWST及び計測用ステージ14は、それぞれ定盤13上で平面モータによって駆動されている。しかしながら、1次元モータの組み合わせによってウエハステージWST及び計測用ステージ14を2次的に駆動する構成も可能である。

そこで、次に、ウエハステージ、及び計測用ステージをそれぞれ1次元モータを組み合わせた機構で駆動する第2の実施の形態につき、第5図及び第6図を参照して説明する。本例も、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したものであり、第5図及び第6図において第1図及び第3図に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

第5図は本例の投影露光装置のウエハステージ側を示す平面図であり、第6図は、その正面図である。第5図及び第6図において、定盤33の上面にX方向に沿って平行に2本のX軸リニアガイド34A及び34Bが設置され、X軸リニアガイド34A及び34Bを連結するように、Y方向（走査方向）に細長いY軸リニアガイド32が設置されている。Y軸リニアガイド32は、不図示のリニアモータによってX軸リニアガイド34A、34Bに沿ってX方向に駆動される。

また、Y軸リニアガイド32に沿ってそれぞれY方向に移動自在に、且つ互

いに独立にウエハステージ 3 1、及び計測用ステージ 3 5 が配置され、ウエハ  
ステージ 3 1 上に不図示のウエハホルダを介してウエハ W が吸着保持され、計  
測用ステージ 3 5 上には照射量モニタ 1 8、照度むらセンサ 1 9、及び測定板  
2 0 が固定され、測定板 2 0 の底部には光電センサが組み込まれている。この  
5 場合、ウエハステージ 3 1、及び計測用ステージ 3 5 の底面はそれぞれエアー  
ベアリングを介して定盤 3 3 上に載置され、ウエハステージ 3 1、及び計測用  
ステージ 3 5 はそれぞれ独立に不図示のリニアモータを介して Y 軸リニアガイ  
ド 3 2 に沿って Y 方向に駆動される。即ち、ウエハステージ 3 1、及び計測用  
ステージ 3 5 はそれぞれ独立に Y 軸リニアガイド 3 2、及び X 軸リニアガイド  
10 3 4 A、3 4 B に沿って 2 次元的に駆動される。そして、本例においても、第  
2 図のレチクルステージ側のレーザ干渉計 7 Y、7 X 1、7 X 2、8 Y と同様な  
4 軸のレーザ干渉計によって、ウエハステージ 3 1、及び計測用ステージ 3  
5 の 2 次元的な位置が計測され、この計測結果に基づいてウエハステージ 3 1、  
及び計測用ステージ 3 5 の位置や駆動速度が制御されている。その他の構成は  
15 第 1 の実施の形態と同様である。

本例において、露光光の照射エネルギー、又は投影光学系の結像特性を計測  
する際には、露光光による露光領域に対して -Y 方向に離れた位置にウエハス  
テージ 3 1 が待避して、その露光領域に計測用ステージ 3 5 が移動する。一方、  
露光時には、露光光による露光領域に対して +Y 方向に離れた位置に計測用ス  
20 テージ 3 5 が待避する。その後、ウエハステージ 3 1 を X 方向、Y 方向にステ  
ッピングさせて、ウエハ W 上の露光対象のショット領域を露光領域に対する走  
査開始位置に移動した後、ウエハステージ 3 1 を Y 軸リニアガイド 3 2 に沿っ  
て Y 方向に定速移動することによって、当該ショット領域への走査露光が行わ  
れる。

25 上述のように本例によれば、Y 軸リニアガイド 3 2 に沿って計測用ステージ

3 5 がウェハステージ 3 1 とは独立に配置されている。この構成によって、より高いステージの制御精度が要求される走査方向（Y 方向）の駆動では、計測用ステージ 3 5 を駆動する必要がないと共に、ウェハステージ 3 1 は小型化、軽量化されているため、走査速度が向上でき、走査露光時の同期精度等も向上している。一方、非走査方向（X 方向）に対しては計測用ステージ 3 5 も同時に駆動されるため、駆動機構に対する負荷は大きくなる。しかしながら、非走査方向では走査方向に比べてそれ程高い制御精度が要求されないため、そのような負荷の増加の影響は小さい。更に、発熱源としての計測用ステージ 3 5 がウェハステージ 3 1 から分離されているため、ウェハステージ 3 1 の位置決め精度等の低下が防止されている。

なお、本例において、第 5 図及び第 6 図に 2 点鎖線で示すように Y 軸リニアガイド 3 2 と並列に第 2 の Y 軸リニアガイド 3 6 を X 方向に移動自在に配置し、この Y 軸リニアガイド 3 2 に計測用ステージ 3 5 を Y 方向に移動自在に配置してもよい。これによって、ウェハステージ 3 1 を X 方向へ駆動する際の制御精度も向上する。

また、上記の第 1 の実施の形態では、第 2 図に示すように、同一のガイド 4 A、4 B に沿ってレチクルステージ R S T、及び計測用ステージ 5 が配置されているが、第 3 図のウェハステージ側のようにレチクルステージ R S T、及び計測用ステージ 5 が独立に 2 次元的に動けるようにしてもよい。

更に、上記の実施の形態では、ウェハ W が載置されるウェハステージ W S T、3 1 はそれぞれ 1 つ設けられているが、ウェハ W が載置されるウェハステージを複数個設けても良い。この場合、1 つのウェハステージで露光を行い、他方のウェハステージでアライメント用の計測、あるいはウェハ交換を行う方法を使用することもできる。同様に、レチクルステージ側にもレチクル R が載置される複数のレチクルステージを設け、これら複数のレチクルステージに異なる

レチクルを載置して、これらのレチクルを順次ウエハ上の同一のショット領域に露光条件（フォーカス位置、露光量、照明条件等）を変えて露光するようにしてもよい。

次に、本発明の第3の実施の形態につき第7図及び第8図を参照して説明する。本例は、ウエハステージに設けられた計測装置を冷却する冷却装置を設けたものであり、第7図及び第8図において第1図及び第3図に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

第7図は、本例の投影露光装置を示し、この第7図において、投影光学系P  
Lによる露光領域12側にウエハWが配置され、ウエハWは不図示のウエハホルダを介してウエハステージ41上に保持され、ウエハステージ41は定盤13上に例えば平面モータによってX方向、Y方向に駆動されるように載置されている。不図示であるがウエハステージ41内にはウエハWのフォーカス位置、及び傾斜角を制御する機構も組み込まれている。更に、ウエハステージ41にはウエハWを囲むように露光光ILや結像特性の計測機構が組み込まれている。

第8図は、第7図のウエハステージ41の平面図を示し、この第8図において、ウエハW（ウエハホルダ）の近傍には、基準マーク部材17、照射量モニタ18、照度むらセンサ19、スリット21X、21Yが形成された測定板20が配置されている。また、ウエハステージ41上で照射量モニタ18の近傍には、持ち運びできる基準照度計を設置するための凹部47が形成されており、凹部47に基準照度計を設置して露光光ILの入射エネルギーを計測することによって、異なる投影露光装置間の照度のマッチングを取れるようになっている。更に、ウエハステージ41上の一隅に平坦度等の基準となる基準平面が形成された基準部材46も固定されている。本例では、これらの計測機構の熱源を冷却するための冷却装置が設けられている。

即ち、第7図に一部を切り欠いて示すように、測定板20のスリット21Y

の底部に集光レンズ 4 2、及び光電センサ 4 3 が配置され、不図示であるが光電センサ 4 3 にはアンプ等も接続されている。そこで、ウェハステージ 4 1 の内部に光電センサ 4 3 の近傍を通過するように冷却管 4 4 が設置され、冷却管 4 4 には大きな可撓性を有する配管 4 5 A を介して、外部の冷却装置より低温の液体よりなる冷媒が供給され、配管 4 5 A 内を通過した冷媒は大きな可撓性を有する配管 4 5 B を介してその冷却装置に戻されている。また、その冷却管 4 4 は、第 8 図の照射量モニタ 1 8、照度むらセンサ 1 9 の近傍、並びに基準照度計用の凹部 4 7、基準マーク部材 1 7、基準部材 4 6 の底部をも通過している。本例では、これらの計測装置のアンプ等の熱源からの熱エネルギーが冷却管 4 4 内の冷媒を介して排出されるため、その熱エネルギーによってウェハ W の位置決め精度等が悪化することがない。また、露光光 I L の入射エネルギー等の計測時に、照射量モニタ 1 8 や照度むらセンサ 1 9 に露光光 I L が照射された場合でも、その照射エネルギーは冷却管 4 4 内の冷媒を介して排出されるため、その照射エネルギーによってウェハ W の位置決め精度等が悪化することがない。

なお、本例では液体よりなる冷媒を使用して計測装置を冷却しているが、例えば空調用の空気等をそれらの計測装置の近傍に集中的に送風して冷却を行ってもよい。

また、冷却管 4 4 の配管形態や各測定用部材（基準マーク部材 1 7、照射量モニタ 1 8、照度むらセンサ 1 9、測定板 2 0 等）の配置形態は、冷却管 4 4 が各測定用部材を十分に冷却可能な範囲内で様々な形態を採ることができる。

更に、冷却管 4 4 を複数設けて（もしくは冷却管 4 4 を分岐して）各測定用部材を並列的に冷却してもよい。

次に、本発明の第 4 の実施の形態につき第 9 図を参照して説明する。本例は、ウェハステージ上でウェハの配置領域（第 1 のステージ）と計測装置の配置領

域（第2のステージ）との間に断熱部材を設けたものであり、第9図において第8図に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

第9図は、第8図のウエハステージ41と同様に定盤上をX方向、Y方向に駆動されるウエハステージ41Aを示し、この第9図において、ウエハステージ41Aの上部は、ウエハステージ41Aよりも熱伝導率の低い材料よりなる断熱板48によって、計測装置設置領域41Aaと、それ以外の領域とに分かれている。ウエハステージ41Aとして鉄などの金属やセラミックスを用いた場合には、断熱板48として樹脂、ガラス、真空断熱パックを用いることができる。更に、断熱板48として温調された液体を流すようにしてもよい。そして、後者の領域上にウエハホルダ（不図示）を介してウエハWが載置されると共に、位置基準となる基準マーク部材17が設置され、前者の計測装置設置領域41Aa内に、位置基準となるマークが形成された基準マーク部材17A、照射量モニタ18、照度むらセンサ19、基準平面を有する基準部材46、及びスリットが形成された測定板20が配置されている。更に、計測装置設置領域41Aa上には、基準照度計を設置するための凹部47が形成されている。

本例においても、露光光や結像特性の計測時に計測装置設置領域41Aa内の計測装置が使用されるが、これらの計測装置のランプ等で発生する熱エネルギーは断熱板48によってウエハW側には拡散しにくいため、ウエハWの位置決め精度等が悪化することがない。同様に、計測時に露光光によって与えられる照射エネルギーも断熱板48によってウエハW側には拡散しにくい利点がある。

なお、例えば第3図に示すように、ウエハステージWSTと計測用ステージ14とが分離している構成でも、ウエハステージWSTと計測用ステージ14との間の空調された空気を断熱部材とみなすことができる。また、レチクルステージ側でも、レチクルが載置される領域と、計測装置が設置される領域との

間に断熱部材を配置するようにしてもよい。

また、上記の実施の形態は本発明をステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に適用したものであるが、本発明は一括露光型の投影露光装置（ステッパ）にも適用できると共に、投影光学系を使用しないプロキシミティ方式  
5 の露光装置にも適用できる。また、露光装置のみならず、ウエハ等を位置決めするためのステージを使用する検査装置、又はリペア装置等に用いてもよい。

このように、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

#### 10 産業上の利用可能性

本発明の第1、又は第2の露光装置によれば、マスク又は基板を移動するための第1のステージに対して計測装置を備えた第2のステージが独立に設けられているため、それぞれ露光ビーム（露光光）の状態、又は投影光学系の結像特性を計測する機能を維持した状態で、マスク又は基板を位置決めするための  
15 ステージを小型化、軽量化できる利点がある。従って、これらのステージの制御性能を向上でき、露光工程のスループットも向上すると共に、計測装置を構成する光電センサ、又はアンプ等の熱源が露光用のステージから分離されることになって、重ね合わせ精度等が向上する。特に本発明をステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型の露光装置に適用すると、走査速度の向上に  
20 よってスループットが大きく向上するため、本発明の効果は特に大きい。

これらの場合、第2のステージは、第1のステージとは独立に移動自在に配置されているときには、その第1のステージを迅速に計測領域に移動できる。

また、露光ビームが照射される位置（露光領域）と、露光ビームが照射されない位置（非露光領域）との間で第1のステージを移動させる制御装置を備えたときには、計測時に迅速にその第1のステージを待避できる。  
25

また、露光ビームが照射される位置（露光領域）と、露光ビームが照射されない位置（非露光領域）との間で第2のステージを移動させる制御装置を備えたときには、露光時に迅速にその第2のステージを待避できる。

- 5      また、第1のステージが露光ビームを照射される位置に有るときに、第2のステージを露光ビームが照射されない位置に位置決めする制御装置を備えたときには、それら2つのステージを効率的に使い分けることができる。

- 10      本発明の第1、又は第2の露光方法によれば、マスク又は基板を移動するための第1のステージに対して計測装置を備えた第2のステージが独立に設けられているため、それぞれ露光ビーム（露光光）の状態、又は投影光学系の結像特性を計測する機能を維持した状態で、マスク又は基板を位置決めするためのステージを小型化、軽量化できる利点がある。従って、これらのステージの制御性能を向上でき、露光工程のスループットも向上すると共に、計測装置を構成する光電センサ、又はアンプ等の熱源が露光用のステージから分離されることになって、重ね合わせ精度等が向上する。特に本発明をステップ・アンド・
- 15      スキャン方式のような走査露光式の露光方法に適用すると、走査速度の向上によってスループットが大きく向上するため、本発明の効果は特に大きい。

これらの場合、第2のステージは、第1のステージとは独立に移動自在に配置されているときには、その第1のステージを迅速に計測領域に移動できる。

- 20      また、露光ビームが照射される位置（露光領域）と、露光ビームが照射されない位置（非露光領域）との間で第1のステージを移動させるときには、計測時に迅速にその第1のステージを待避できる。

また、露光ビームが照射される位置（露光領域）と、露光ビームが照射されない位置（非露光領域）との間で第2のステージを移動させるときには、露光時に迅速にその第2のステージを待避できる。

- 25      また、第1のステージが露光ビームを照射される位置に有るときに、第2の



ステージを露光ビームが照射されない位置に位置決めするときには、それら 2 つのステージを効率的に使い分けることができる。

- 次に、本発明の第 3、又は第 4 の露光装置、若しくは、第 3、または第 4 の露光方法によれば、計測装置を冷却する冷却装置が備えられているため、露光
- 5 ビームの状態、又は投影光学系の結像特性を計測する際の温度上昇の悪影響を軽減でき、位置決め精度や重ね合わせ精度が向上する利点がある。

- また、本発明の第 5、又は第 6 の露光装置、若しくは、第 5、または第 6 の露光方法によれば、2 つのステージの間に断熱部材が備えられているため、露光ビームの状態、又は投影光学系の結像特性を計測する際の温度上昇の悪影響
- 10 を軽減でき、位置決め精度や重ね合わせ精度が向上する利点がある。

また、その断熱部材が熱伝導率の低い固体材料であるときには、それら 2 つのステージを一体として駆動できる一方、その断熱部材が温度調整された気体であるときには、第 1 のステージの小型化の効果も得られる。

## 請 求 の 範 囲

1. マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光装置において、
- 5 前記マスクと前記基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動する第1のステージと、  
前記第1のステージとは独立した第2のステージと、  
該第2のステージに取り付けられて前記露光ビームの状態を計測する計測装置と、を備えたことを特徴とする露光装置。
- 10 2. 請求項1記載の露光装置であって、  
前記第2のステージは、前記第1のステージとは独立に移動自在に配置されていることを特徴とする露光装置。
3. 請求項1記載の露光装置であって、  
前記露光ビームが照射される位置と前記露光ビームが照射されない位置との  
15 間で前記第1のステージを移動させる制御装置を備えたことを特徴とする露光装置。
4. 請求項2記載の露光装置であって、  
前記露光ビームが照射される位置と前記露光ビームが照射されない位置との  
間で前記第2のステージを移動させる制御装置を備えたことを特徴とする露光  
20 装置。
5. 請求項1記載の露光装置であって、  
前記第1のステージが前記露光ビームを照射される位置に有るときに、前記  
第2のステージを前記露光ビームが照射されない位置に位置決めする制御装置  
を備えたことを特徴とする露光装置。
- 25 6. マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光

装置において、

前記マスクと前記基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動する第1のステージと、

前記第1のステージとは独立した第2のステージと、

- 5     該第2のステージ上に配置されて前記投影光学系の結像特性を計測する計測装置と、を備えたことを特徴とする露光装置。

7. 請求項6記載の露光装置であって、

前記第2のステージは、前記第1のステージとは独立に移動自在に配置されていることを特徴とする露光装置。

- 10    8. 請求項6記載の露光装置であって、

前記第1のステージでは前記基板を保持しており、

前記投影光学系による露光領域内の位置と、該露光領域の外側の所定の位置との間で前記第1のステージを移動させる制御装置を備えたことを特徴とする露光装置。

- 15    9. 請求項6記載の露光装置であって、

前記投影光学系による露光領域内の位置と、該露光領域の外側の所定の位置との間で前記第2のステージを移動させる制御装置を備えたことを特徴とする露光装置。

- 20    10. マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光装置において、

前記露光ビームの状態を計測する計測装置が配置されたステージと、

該ステージに備えられ前記計測装置を冷却する冷却装置と、を有することを特徴とする露光装置。

- 25    11. マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光装置において、

前記投影光学系の結像特性を計測する計測装置が配置されたステージと、  
該ステージに備えられ前記計測装置を冷却する冷却装置と、を有することを  
特徴とする露光装置。

- 1 2. マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露  
5 光装置において、

前記マスクと前記基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動する第 1  
のステージと、

- 前記露光ビームの状態を計測する計測装置が搭載された第 2 のステージと、  
前記第 1 のステージと前記第 2 のステージとの間に配置され、前記第 2 のス  
10 テージから伝導する熱を遮断する断熱部材と、を備えたことを特徴とする露光  
装置。

- 1 3. 請求項 1 2 記載の露光装置であって、

前記断熱部材は、熱伝導率の低い固体材料、又は温度調整された気体である  
ことを特徴とする露光装置。

- 15 1 4. マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露  
光装置において、

前記基板を保持して所定の領域を移動する第 1 のステージと、

前記投影光学系の結像特性を計測する計測装置が搭載された第 2 のステージ  
と、

- 20 前記第 1 のステージと前記第 2 のステージとの間に配置され、前記第 2 のス  
テージから伝導する熱を遮断する断熱部材と、を備えたことを特徴とする露光  
装置。

- 1 5. 請求項 1 4 記載の露光装置であって、

- 前記断熱部材は、熱伝導率の低い固体材料、又は温度調整された気体である  
25 ことを特徴とする露光装置。

16. マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光方法において、

第1のステージが、前記マスクと前記基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動するステップと、

- 5 前記第1のステージとは独立した第2のステージに取り付けられた計測装置が、前記露光ビームの状態を計測するステップとを含むことを特徴とする露光方法。

17. 請求項16記載の露光方法であって、

- 10 前記計測ステップで用いる前記第2のステージは、前記移動ステップで用いる前記第1のステージとは独立に移動自在に配置されていることを特徴とする露光方法。

18. 請求項16記載の露光方法であって、

- 15 前記移動ステップは、前記露光ビームが照射される位置と前記露光ビームが照射されない位置との間で前記第1のステージが移動することを特徴とする露光方法。

19. 請求項17記載の露光方法であって、

前記第2ステージが、前記露光ビームが照射される位置と前記露光ビームが照射されない位置との間で移動するステップとをさらに含むことを特徴とする露光方法。

- 20 20. 請求項16記載の露光方法であって、

前記第1のステージが前記露光ビームを照射される位置に有るときに、前記第2のステージを前記露光ビームが照射されない位置に位置決めするステップをさらに含むことを特徴とする露光方法。

- 25 21. マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光方法において、

第 1 のステージが、前記マスクと前記基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動するステップと、

前記第 1 のステージとは独立した第 2 のステージ上に配置された計測装置が、前記投影光学系の結像特性を計測するステップとを含むことを特徴とする露光

5 方法。

2 2. 請求項 2 1 記載の露光方法であって、

前記計測ステップで用いる前記第 2 のステージは、前記移動ステップで用いる前記第 1 のステージとは独立に移動自在に配置されていることを特徴とする露光方法。

10 2 3. 請求項 2 1 記載の露光方法であって、

前記第 1 のステージでは前記基板を保持しており、

前記移動ステップは、前記投影光学系による露光領域内の位置と該露光領域の外側の所定の位置との間で前記第 1 のステージが移動することを特徴とする露光方法。

15 2 4. 請求項 2 1 記載の露光方法であって、

前記第 2 ステージが、前記投影光学系による露光領域内の位置と該露光領域の外側の所定の位置との間で移動するステップとをさらに含むことを特徴とする露光方法。

20 2 5. マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光方法において、

ステージに配置された計測装置が、前記露光ビームの状態を計測するステップと、

該ステージに備えられた冷却装置が、前記計測装置を冷却するステップとを含むことを特徴とする露光方法。

25 2 6. マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露

光方法において、

ステージに配置された計測装置が、前記投影光学系の結像特性を計測するステップと、

- 5 該ステージに備えられた冷却装置が、前記計測装置を冷却するステップとを含むことを特徴とする露光方法。

27. マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光方法において、

第1のステージが、前記マスクと前記基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動するステップと、

- 10 第2のステージに取り付けられた計測装置が、前記露光ビームの状態を計測するステップと、

前記第1のステージと前記第2のステージとの間に配置された断熱部材により、前記第2のステージから伝導する熱を遮断するステップとを含むことを特徴とする露光方法。

- 15 28. 請求項27記載の露光方法であって、

前記熱遮断ステップで用いる前記断熱部材は、熱伝導率の低い固体材料、又は温度調整された気体であることを特徴とする露光方法。

29. マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光方法において、

- 20 第1のステージが、前記基板を保持して所定の領域を移動するステップと、

第2のステージに搭載された計測装置が、前記投影光学系の結像特性を計測するステップと、

前記第1のステージと前記第2のステージとの間に配置された断熱部材により、前記第2のステージから伝導する熱を遮断するステップとを含むことを特

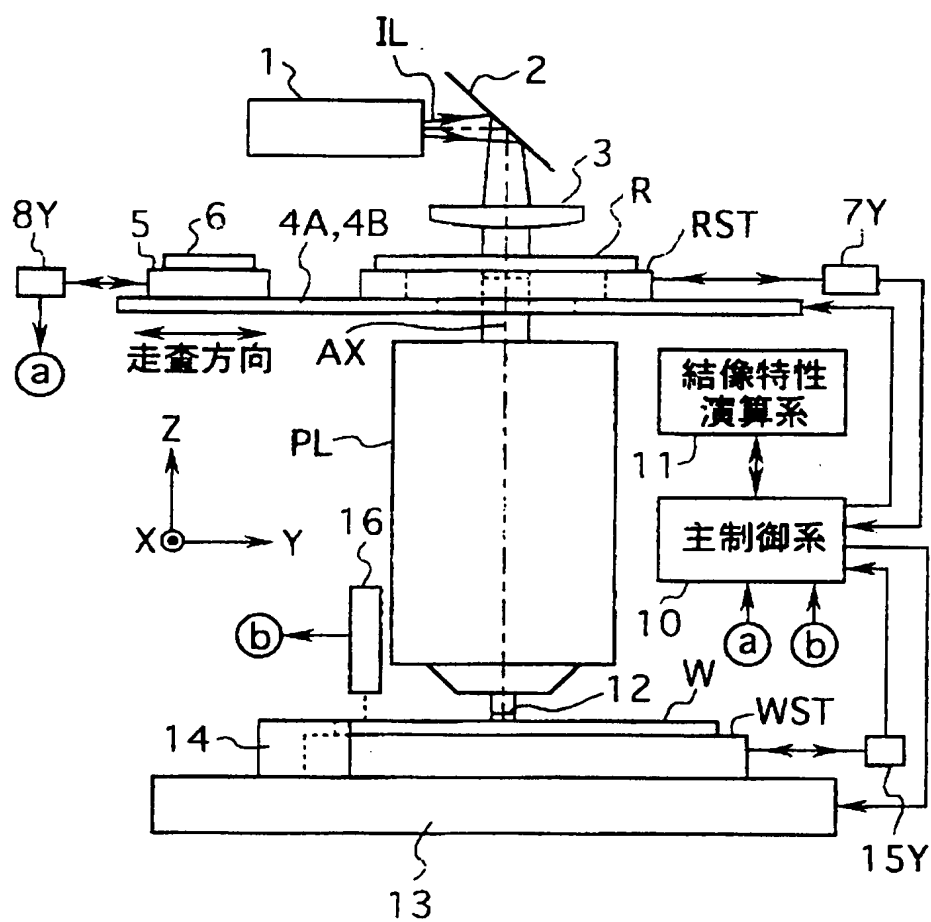
- 25 徴とする露光方法。

30. 請求項29記載の露光方法であって、

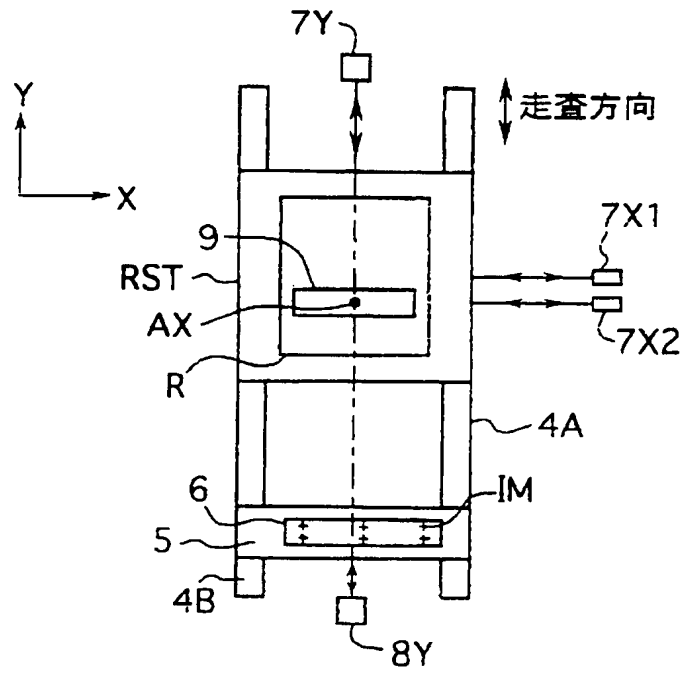
前記熱遮断ステップで用いる前記断熱部材は、熱伝導率の低い固体材料、又は温度調整された気体であることを特徴とする露光方法。



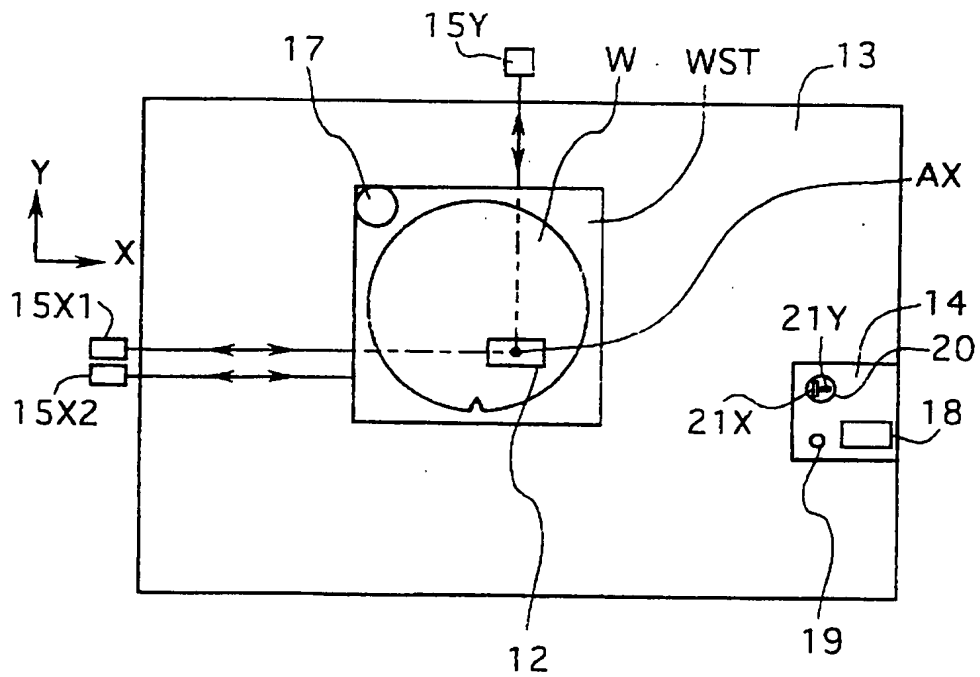
第1図



第2図

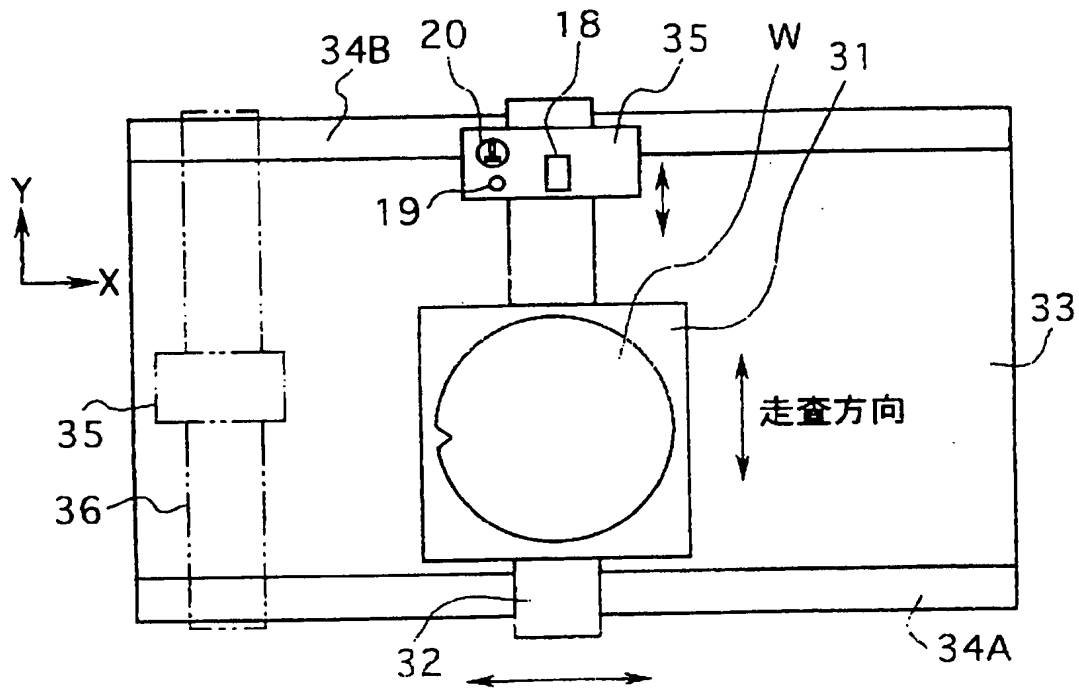


第3図

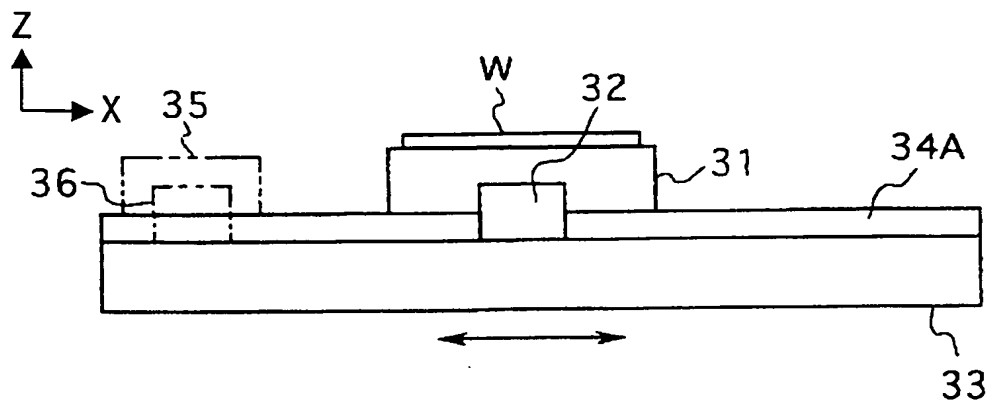




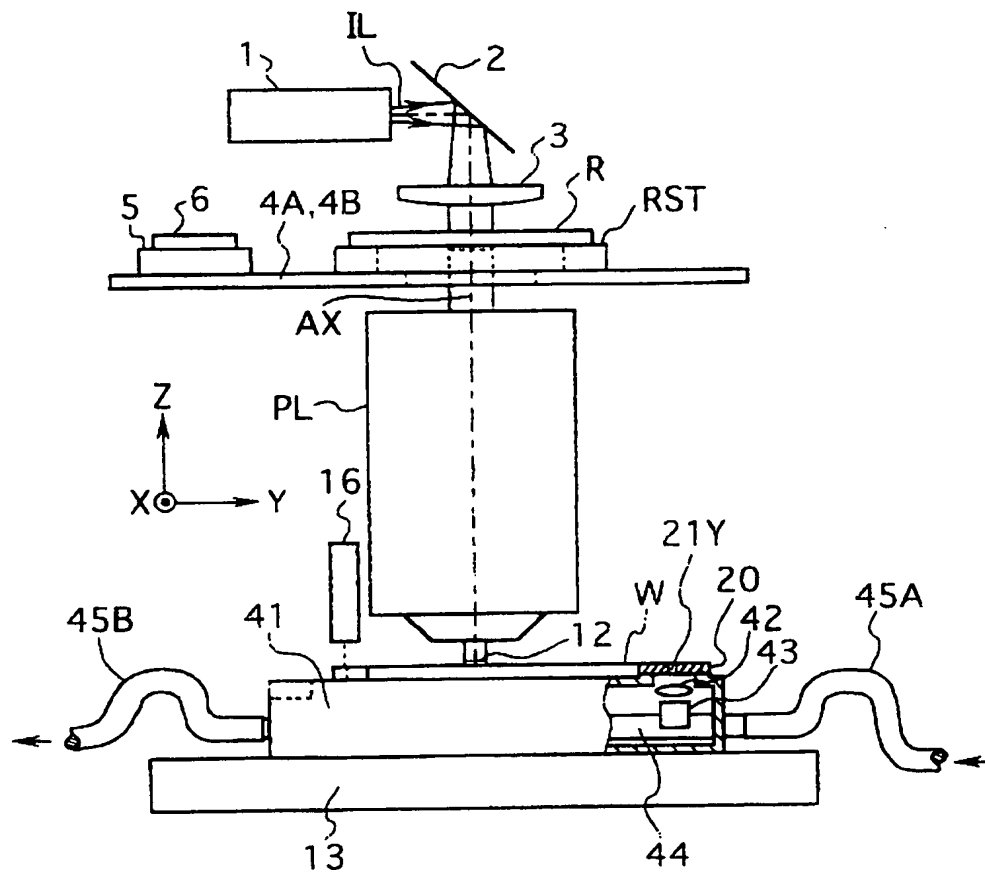
第5図



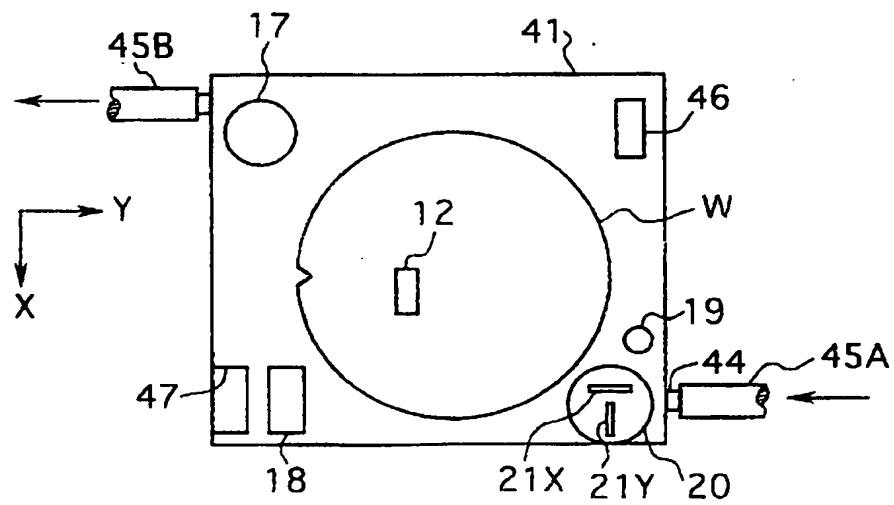
第6図



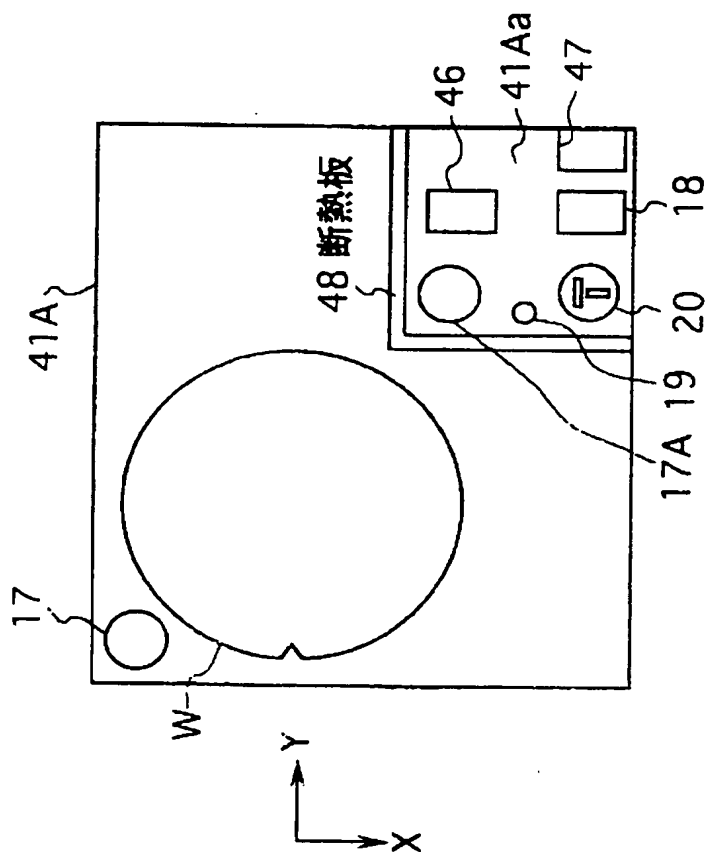
第7図



第8図



第9図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/04843

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>6</sup> H01L21/027, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>6</sup> H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1998 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 8-51069, A (International Business Machines Corp.), 20 February, 1996 (20. 02. 96), Par. No. [0020] & EP, 687957, A & US, 5715064, A	1-30
Y	JP, 9-199413, A (Nikon Corp.), 31 July, 1997 (31. 07. 97), Claim 1 (Family: none)	10, 11, 25, 26
A	JP, 5-175098, A (Nikon Corp.), 13 July, 1993 (13. 07. 93), Claim 1 (Family: none)	1-30

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
20 January, 1999 (20. 01. 99)

Date of mailing of the international search report  
2 February, 1999 (02. 02. 99)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> H01L21/027  
G03F7/20

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>8</sup> H01L21/027  
G03F7/20

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1998年  
日本国公開実用新案公報 1971-1998年  
日本国登録実用新案公報 1994-1998年  
日本国実用新案登録公報 1996-1998年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 8-51069, A (インターナショナル・ビジネス・マシ ンズ・コーポレーション) 20. 2月. 1996 (20. 02. 96)、段落番号0020&EP、687957, A&US、57 15064, A	1-30
Y	J P, 9-199413, A (株式会社ニコン) 31. 7月. 19 97 (31. 07. 97)、クレーム1 (ファミリーなし)	10, 11, 25, 26
A	J P, 5-175098, A (株式会社ニコン) 13. 7月. 19 93 (13. 07. 93)、クレーム1 (ファミリーなし)	1-30

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20. 01. 99

国際調査報告の発送日

02.02.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

國島 明弘

印

4M

8932

電話番号 03-3581-1101 内線 3464



WO 99/23 692 A

## DESCRIPTION

### ALIGNER AND EXPOSURE METHOD

#### TECHNICAL FIELD

The present invention relates to an aligner and an exposure method used to transfer a mask pattern onto a photosensitive substrate in a lithography process for manufacturing, for example, semiconductor devices, liquid crystal display devices, thin-film magnetic heads, etc. In particular, the present invention is suitable for use in an aligner or exposure apparatus provided with a measuring device for measuring the state of an exposure beam or image forming characteristics, etc.

#### BACKGROUND ART

Conventionally, for manufacturing semiconductor devices or the like, batch exposure type projection exposure apparatuses (steppers) have been frequently used in a process to transfer a pattern of a reticle as a mask onto a wafer (or glass plate, etc.) coated with a resist or the like through a projection optical system under predetermined exposure light. In addition, in order to transfer a pattern of a large-area reticle accurately without increasing the size of the projection optical system, scanning type projection exposure apparatuses



(scanning exposure apparatuses) such as a step-and-scan type for synchronously scanning the reticle and the wafer with respect to the projection optical system to perform exposure have also attracted attention in these years.

These exposure apparatuses are required to perform exposure with an optimum exposure amount at any time while maintaining high image-forming characteristics. Therefore, a reticle stage for positioning a reticle or a wafer stage for positioning a wafer is equipped with a measuring device for measuring the state of illumination intensity or the like of exposure light and image forming characteristics such as a projection magnification. For example, measuring devices provided on the wafer stage include a dose sensor for measuring the incident energy of the exposure light for the projection optical system, a aerial image detection system for measuring the position and contrast of a projected image, etc. On the other hand, the measuring device provided on the reticle stage is, for example, a reference plate on which a fiducial mark used in measuring the image forming characteristics of the projection optical system is formed.

As mentioned above, in the conventional exposure apparatuses, the measuring devices provided on the reticle stage or wafer stage are used to optimize the amount of exposure and maintain high image-forming characteristics. On the other hand, recent exposure apparatuses have also been required to increase throughput (productivity) in the

exposure process for manufacturing semiconductor devices or the like. Methods of improving throughput include a method of increasing exposure energy per unit time, and a method of increasing the driving speed of the stage to reduce the stepping time in case of a batch exposure type or to reduce the stepping time and scanning exposure time in case of a scanning exposure type.

In order to increase the driving speed of the stage, when the dimensions of the stage are the same as the conventional stages, a drive motor having higher output power has only to be used, while when the drive motor has the same output power as the conventional ones, the size and weight of the stage system needs to be reduced. However, if a drive motor having higher output power is used like in the former case, the amount of heat generated from the drive motor increases. Such an increased amount of heat causes subtle thermal deformation in the stage system, which could preclude the stage system from obtaining high positioning accuracy required for the exposure apparatus. In view of this, it is desirable to minimize the size and weight of the stage system as much as possible like in the latter case in order to prevent the deterioration of the positioning accuracy and hence to improve the drive speed.

Particularly with a scanning type exposure apparatus, there are many advantages that a higher drive speed shortens the exposure scanning time to greatly improve the

throughput, and that a reduced size of the stage system also improves the synchronization accuracy between the reticle and the wafer to improve image forming performance and alignment accuracy. However, when various measuring devices are provided on the reticle stage or wafer stage like in the conventional, it is difficult to reduce the size of the stage.

Further, when a measuring device for measuring the state of the exposure light or image forming characteristics is provided on the reticle stage or wafer stage, a heat source such as an amp is usually attached to the measuring device, and the temperature of the measuring device gradually increases due to irradiation of the exposure light during measurement. As a result, there is the danger of subtle thermal deformation in the reticle stage or wafer stage to deteriorate positioning accuracy, alignment accuracy, etc. Under present circumstances, the deterioration of positioning accuracy and the like due to the temperature rise of the measuring device is slight, but as the circuit patterns of semiconductor devices become finer in years to come, it is expected to create a need to control the influence of the temperature rise on the measuring device.

In view of the above points, it is a first object of the present invention to provide an exposure apparatus capable of reducing the size of a stage for positioning a reticle or wafer with maintaining a function for measuring

the state of exposure light or image forming characteristics.

Further, it is a second object of the present invention to provide an exposure apparatus having a measuring device for measuring the state of exposure light or image forming characteristics and capable of mitigating the adverse effects of a temperature rise during measurement using the measuring device.

In view of the above points, it is a third object of the present invention to provide an exposure method capable of reducing the size of a stage for positioning a reticle or wafer with maintaining a function for measuring the state of exposure light or image forming characteristics.

Further, it is a fourth object of the present invention to provide an exposure method having a measuring device for measuring the state of exposure light or image forming characteristics and capable of mitigating the adverse effects of a temperature rise during measurement using the measuring device.

#### DISCLOSURE OF THE INVENTION

A first exposure apparatus according to the present invention is an exposure apparatus for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using an exposure beam, the exposure apparatus comprising: a first stage moving over a predetermined region while holding either of the mask and the substrate; a second stage independent of

the first stage; and a measuring device attached to the second stage to measure the state of the exposure beam.

According to this invention, the first stage is configured to have only minimum functions necessary for exposure upon use in the original exposure process, so that the size of the first stage can be minimized, thereby enabling reduction in size and weight of the stage. On the other hand, since the measuring device for measuring the state of the exposure beam such as illumination intensity or the like that is not directly necessary for exposure is mounted on the second stage different from the first stage, the state of the exposure beam can also be measured.

In this case, an example of the measuring device is a photoelectric sensor for measuring the total power of the exposure beam, an illuminance unevenness sensor for measuring an illumination distribution of the exposure beam, or the like.

Further, the second stage is arranged, for example, to be movable independently of the first stage on a moving plane of the first stage. In this case, if the second stage is arranged instead of the first stage, the state of the exposure beam can be measured in the neighborhood of a surface on which the mask or substrate is actually placed.

Further, it is preferable to provide a control device for moving the first stage between a position to which the exposure beam is irradiated and a position to which the exposure beam is not irradiated. In this case, the first

stage is moved away from the illumination position of the exposure beam upon measurement.

Further, it is preferable to provide a control device for moving the second stage between a position to which the exposure beam is irradiated and a position to which the exposure beam is not irradiated. In this case, the measuring device of the second stage moves to the illumination position of the exposure beam upon measurement.

Further, it is preferable to provide a control device for locating the second stage at a position to which the exposure beam is not irradiated when the first stage is located at a position to which the exposure beam is irradiated. In this case, the two stages can be used alternatively and efficiently between the exposure period and the measurement period.

A second exposure apparatus of the present invention is an exposure apparatus for projecting a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the exposure apparatus comprising: a first stage moving over a predetermined region while holding either of the mask and the substrate; a second stage independent of the first stage; and a measuring device arranged on the second stage to measure the image forming characteristics of the projection optical system.

According to this invention, the first stage is configured to have only minimum functions necessary for exposure, so that the size and weight of the first stage

can be reduced. On the other hand, since the measuring device for measuring image forming characteristics such as distortion that are not directly necessary for exposure is mounted on the second stage different from the first stage, the image forming characteristics can also be measured.

In this case, an example of the measuring device is a position sensor for projected images, a measurement fiducial mark, a measurement reference plane, or the like.

Further, the second stage is arranged, for example, to be movable independently of the first stage on a moving plane of the first stage. In this case, if the second stage is arranged instead of the first stage, the image forming characteristics on a surface on which the substrate is actually placed can be measured.

Further, the substrate is held on the first stage, and a control device is preferably provided to move the first stage between a position within an exposure region of the projection optical system and a predetermined position outside of the exposure region. In this case, the first stage is moved away from the exposure region upon measurement.

Similarly, it is preferable to provide a control device for moving the second stage between a position within an exposure region of the projection optical system and a predetermined position outside of the exposure region. In this case, the measuring device of the second stage is moved to the exposure region upon measurement.



A third exposure apparatus of the present invention is an exposure apparatus for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using an exposure beam, the exposure apparatus comprising: a stage on which a measuring device for measuring the state of the exposure beam is arranged; and a cooling device provided for the stage to cool down the measuring device.

According to this invention, when the illumination intensity or the like of the exposure beam is measured using the measuring device, even if the temperature of the measuring device rises, the measuring device is cooled down by the cooling device, so that the temperature rise does not affect the exposure part.

A fourth exposure apparatus of the present invention is an exposure apparatus for projecting a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the exposure apparatus comprising: a stage on which a measuring device for measuring the image forming characteristics of the projection optical system is arranged; and a cooling device provided for the stage to cool down the measuring device.

According to this invention, when the image forming characteristics are measured using the measuring device, even if the temperature of the measuring device rises, the measuring device is cooled down by the cooling device, so that the temperature rise does not affect the exposure part.

A fifth exposure apparatus of the present invention

is an exposure apparatus for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using exposure beam, the exposure apparatus comprising: a first stage moving over a predetermined region while holding either of the mask and the substrate; a second stage on which a measuring device for measuring the state of the exposure beam is mounted; and a heat-insulating member arranged between the first stage and the second stage to block heat transmitted from the second stage.

According to this invention, even if the measuring device includes a heat source or the temperature of the measuring device rises during measuring the illumination intensity or the like of the exposure beam using the measuring device, heat conduction is inhibited by the heat-insulating member, so that the heat source or the temperature rise does not affect the exposure part.

In this case, an example of the heat-insulating member is a solid material having low thermal conductivity or a temperature-controlled gas. As the temperature-controlled gas, conditioned air or the like is used.

A sixth exposure apparatus of the present invention is an exposure apparatus for projecting a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the exposure apparatus comprising: a first stage moving over a predetermined region while holding the substrate; a second stage on which a measuring device for measuring the image forming characteristics of the projection optical

system is mounted; and a heat-insulating member arranged between the first stage and the second stage to block heat transmitted from the second stage.

According to this invention, when the image forming characteristics are measured using the measuring device, even if the temperature of the measuring device rises or the measuring device includes a heat source, heat conduction is inhibited by the heat-insulating member, so that the temperature rise or the like does not affect the exposure part.

In this case, an example of the heat-insulating member is also a solid material having low thermal conductivity or a temperature-controlled gas.

A first exposure method of the present invention is an exposure method for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using an exposure beam, the exposure method comprising: a step of causing a first stage to move over a predetermined region while holding either of the mask and the substrate; and a step of causing a measuring device attached to a second stage independent of the first stage to measure the state of the exposure beam.

According to this invention, the first stage is configured to have only minimum functions necessary for exposure upon use in the original exposure process, so that the size of the first stage can be minimized, thereby enabling reduction in size and weight of the stage. On the other hand, since the measuring device for measuring the

state of the exposure beam such as illumination intensity or the like that is not directly necessary for exposure is mounted on the second stage different from the first stage, the state of the exposure beam can also be measured.

In this case, an example of the measuring device is a photoelectric sensor for measuring the total power of the exposure beam, an illuminance unevenness sensor for measuring the illumination distribution of the exposure beam, or the like.

Further, the second stage is arranged, for example, to be movable independently of the first stage on a moving plane of the first stage. In this case, if the second stage is arranged instead of the first stage, the state of the exposure beam can be measured in the neighborhood of a surface on which the mask or substrate is actually placed.

Further, it is preferable that the first stage be moved between a position to which the exposure beam is irradiated and a position to which the exposure beam is not irradiated. In this case, the first stage is moved away from the illumination position of the exposure beam upon measurement.

Further, it is preferable to further include a step of moving the second stage between a position to which the exposure beam is irradiated and a position to which the exposure beam is not irradiated. In this case, the measuring device of the second stage is moved to the illumination position of the exposure beam.

Further, it is preferable to further include a step of locating the second stage at a position to which the exposure beam is not irradiated when the first stage is located at a position to which the exposure beam is irradiated. In this case, the two stages can be used alternatively and efficiently between the exposure period and the measurement period.

A second exposure method of the present invention is an exposure method for projecting a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the exposure method comprising: a step of causing a first stage to move over a predetermined region while holding either of the mask and the substrate; and a step of causing a measuring device arranged on a second stage independent of the first stage to measure the image forming characteristics of the projection optical system.

According to this invention, the first stage is configured to have only minimum functions necessary for exposure upon use in the original exposure process, so that the size and weight of the first stage can be reduced. On the other hand, since the measuring device for measuring the image forming characteristics such as distortion that are not directly necessary for exposure is mounted on the second stage different from the first stage, the image forming characteristics can also be measured.

In this case, an example of the measuring device is a position sensor for projected images, a measurement

fiducial mark, a measurement reference plane, or the like.

Further, the second stage is arranged, for example, to be movable independently of the first stage on a moving plane of the first stage. In this case, if the second stage is arranged instead of the first stage, the image forming characteristics on a surface on which the substrate is actually placed can be measured.

Further, the substrate is held on the first stage, and it is preferable that the first stage be moved between a position within an exposure region of the projection optical system and a predetermined position outside of the exposure region. In this case, the first stage is moved away from the exposure region upon measurement.

Similarly, it is preferable to further include a step of causing the second stage to move between a position within an exposure region of the projection optical system and a predetermined position outside of the exposure region. In this case, the measuring device of the second stage is moved to the exposure region upon measurement.

A third exposure method of the present invention is an exposure method for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using an exposure beam, the exposure method comprising: a step of causing a measuring device arranged on a stage to measure the state of the exposure beam; and a step of causing a cooling device provided for the stage to cool down the measuring device.

According to this invention, when the illumination

intensity or the like of the exposure beam is measured using the measuring device, even if the temperature of the measuring device rises, the measuring device is cooled down by the cooling device, so that the temperature rise does not affect the exposure part.

A fourth exposure method of the present invention is an exposure method for projecting a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the exposure method comprising: a step of causing a measuring device arranged on a stage to measure the image forming characteristics of the projection optical system; and a step of causing a cooling device provided for the stage to cool down the measuring device.

According to this invention, when the image forming characteristics are measured using the measuring device, even if the temperature of the measuring device rises, the measuring device is cooled down by the cooling device, so that the temperature rise does not affect the exposure part.

A fifth exposure method of the present invention is an exposure method for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using exposure beam, the exposure method comprising: a step of causing a first stage to move over a predetermined region while holding either of the mask and the substrate; a step of causing a measuring device attached to the second stage to measure the state of the exposure beam; and a step of causing a heat-insulating member arranged between the first stage and the second

stage to block heat transmitted from the second stage.

According to this invention, even if the measuring device includes a heat source or the temperature of the measuring device rises during measuring the illumination intensity or the like of the exposure beam using the measuring device, heat conduction is inhibited by the heat-insulating member, so that the heat source or the temperature rise does not affect the exposure part.

In this case, an example of the heat-insulating member is a solid material having low thermal conductivity or a temperature-controlled gas. As the temperature-controlled gas, conditioned air or the like is used.

A sixth exposure method of the present invention is an exposure method for projecting a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the exposure method comprising: a step of causing a first stage to move over a predetermined region while holding the substrate; a step of causing a measuring device mounted on a second stage to measure the image forming characteristics of the projection optical system; and a step of causing a heat-insulating member arranged between the first stage and the second stage to block heat transmitted from the second stage.

According to this invention, when the image forming characteristics are measured using the measuring device, even if the temperature of the measuring device rises or the measuring device includes a heat source, heat



conduction is inhibited by the heat-insulating member, so that the temperature rise or the like does not affect the exposure part.

In this case, an example of the heat-insulating member is also a solid material having low thermal conductivity or a temperature-controlled gas.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is a schematic block diagram showing a projection exposure apparatus according to a first embodiment of the present invention.

FIG. 2 is a plan view showing a reticle stage RST and a measurement stage 5 in FIG. 1.

FIG. 3 is a plan view showing a wafer stage WST and a measurement stage 14 in FIG. 1.

FIG. 4 is a plan view for explaining a case where the state of exposure light or the like is measured using the measurement stage 14 in the first embodiment of the present invention.

FIG. 5 is a plan view showing a wafer stage and a measurement stage of a projection exposure apparatus according to a second embodiment of the present invention.

FIG. 6 is a front view showing the wafer stage and the measurement stage of the projection exposure apparatus according to the second embodiment of the present invention.

FIG. 7 is a partially cutaway schematic diagram showing the structure of a projection exposure apparatus

according to a third embodiment of the present invention.

FIG. 8 is a plan view showing a wafer stage of the projection exposure apparatus in FIG. 7.

FIG. 9 is a plan view showing a wafer stage of a projection exposure apparatus according to a fourth embodiment of the present invention.

#### BEST MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION

A first embodiment of the present invention will now be described with reference to FIGS. 1 to 4.

FIG. 1 shows a step-and-scan type projection exposure apparatus used in this example. In FIG. 1, exposure light IL is emitted during exposure from an illumination system 1 including an exposure light source, a beam shaping optical system, a fly-eye lens for making the illumination distribution uniform, a light amount monitor, a variable aperture stop, a field stop, a relay lens system, and so forth. This exposure light IL illuminates a slit-shaped illumination region on a pattern side (lower-surface side) of a reticle R via a mirror 2 and a condenser lens 3. As the exposure light IL, excimer laser light such as KrF (248-nm wavelength) or ArF (193-nm wavelength), a higher harmonic wave from a YAG laser, i-line (365-nm wavelength) from a mercury lamp, etc. can be used. The illumination system 1 is configured such that the variable aperture stop inside the illumination system 1 can be switched to allow selection of a desired illumination method from among

ordinary illumination methods, annular illumination, so-called off-axis illumination, illumination with a small coherence factor ( $\sigma$  value), and the like. When the exposure light source is a laser light source, the emission timing thereof and the like are controlled via a laser power source (not shown) by a main control system 10 for integrated control of the entire operation of the apparatus.

An image of a pattern in an illumination region 9 (see FIG. 2) on the reticle R produced by the exposure light IL is reduced at a projection magnification  $\beta$  (where  $\beta$  is 1/4 or 1/5) through a projection optical system PL, and projected to a slit-shaped exposure region 12 on a wafer W coated with a photoresist. In the following description, the Z axis is taken in parallel to an optical axis AX of the projection optical system PL, the X axis is taken along a non-scanning direction orthogonal to a scanning direction of the reticle R and the wafer W during scanning exposure in a plane perpendicular to the Z axis (i.e., in a direction perpendicular to the paper surface of FIG. 1), and the Y axis is taken along the scanning direction (i.e., in a direction parallel to the paper surface of FIG. 1).

First, an off-axis imaging type alignment sensor 16 for alignment of the wafer W is provided adjacent to the projection optical system PL, and a detection signal from the alignment sensor 16 is supplied to an alignment processing system inside the main control system 10. The

alignment sensor 16 is used to detect the position of an alignment mark (wafer mark) or the like formed on the wafer W. A distance (baseline amount) between the detection center of the alignment sensor 16 and the center of an image of the reticle R projected by the projection optical system PL is predetermined accurately and stored in the alignment processing system inside the main control system 10. Then, based on the detection results of the alignment sensor 16 and the baseline amount, each shot area on the wafer W and the projected image of the reticle R are aligned accurately. Although not shown, a reticle alignment microscope is arranged above the reticle R to detect an alignment mark on the reticle R.

Next, the reticle R is held on a reticle stage RST by vacuum suction. The reticle stage RST is loaded on two guides 4A and 4b arranged in parallel to each other in the Y direction through air bearings in such a manner to be movable in the Y direction. Further, in this example, a measurement stage 5 is placed on the guides 4A and 4b through air bearings in such a manner to be movable in the Y direction independently of the reticle stage RST.

FIG. 2 is a plan view showing the reticle stage RST and the measurement stage 5. In FIG. 2, the reticle stage RST and the measurement stage 5 are placed to be driven respectively in the Y direction by linear motors, not shown, or the like along the guides 4A and 4b extending in the Y direction (scanning direction). The length of the guides

4A, 4B is set longer, by at least the width of the measurement stage 5, than the moving stroke of the reticle stage RST during scanning exposure. Further, the reticle stage RST is made up by combining a coarse movement stage moving in the Y direction and a fine movement stage capable of fine adjustment of two-dimensional positions on this coarse movement stage.

Then, a reference plate 6 made of a glass plate elongated in the X direction is fixed on the measurement stage 5, and a plurality of fiducial marks IM for measuring the image forming characteristics of the projection optical system PL are formed in a predetermined layout on the reference plate 6. The reference plate 6 has dimensions enough to cover the slit-shaped illumination region 9 of the exposure light to the reticle R, or more accurately, to cover the field of vision of the projection optical system PL on the reticle R side. Use of the reference plate 6 eliminates the need to provide a dedicated reticle designed specifically for measuring image forming characteristics and saves the time required to replace the dedicated reticle with the reticle R for actual exposure, so that the image forming characteristics can be measured frequently, thereby enabling accurate tracking of changes in the projection optical system PL with time.

Thus, in this example, the measurement stage 5 for the reference plate 6 is provided independently, and no measurement member besides the reticle R is mounted on the

reticle stage RST for actual scanning exposure. In other words, the reticle stage RST has only to have scanning and positioning functions, which are minimum requirements for scanning exposure, so that a more compact, lightweight reticle stage RST is realized. This makes it possible to scan the reticle stage RST at a higher speed, improving throughput in the exposure process. Particularly in case of reduction projection, since the scanning speed of the reticle stage RST is  $1/\beta$  times (e.g., four or five times) the scanning speed of the wafer stage, it can be said that the upper limit of the scanning speed is more or less determined by the reticle stage. In this case, this example can greatly improve throughput.

Further, a laser beam is irradiated from a laser interferometer 7Y placed in the +Y direction with respect to the guides 4A and 4B to a moving mirror on the side face of the reticle stage RST in the +Y direction, and laser beams are irradiated from two laser interferometers 7X1 and 7X2 placed in the +X direction to a moving mirror on a side face of the reticle stage RST in the +X direction. The X coordinate, Y coordinate, and angle of rotation of the reticle stage RST are measured by the laser interferometers 7Y, 7X1, and 7X2, and the measured values are supplied to the main control system 10 of FIG. 1. The main control system 10 controls the speed and position of the reticle stage RST through the linear motors or the like based on the measured values. A laser beam is also irradiated from

a laser interferometer 8Y placed in the -Y direction with respect to the guides 4A and 4B to a moving mirror on the side face of the measurement stage 5 in the -Y direction, and the Y coordinate of the measurement stage 5 measured by the laser interferometer 8Y is supplied to the main control system 10. The optical axes of the Y-axis laser interferometers 7Y and 8Y pass through the center of the illumination region 9 along the Y direction, that is, they pass through the optical axis AX of the projection optical system PL. The laser interferometers 7Y and 8Y measure the positions of the reticle stage RST and the measurement stage 5 in the scanning direction at all times.

Upon measurement of image forming characteristics, the reticle stage RST is moved away from the illumination region 9 in the +Y direction, and the measurement stage 5 is moved in the Y direction to allow the reference plate 6 to cover the illumination region 9. Then, the laser beams from the laser interferometers 7X1 and 7X2 go off the side faces of the reticle stage RST and are irradiated to the moving mirrors on the side faces of the measurement stage 5 in the +X direction. Based on the measured values obtained at this time from the laser interferometers 8Y and 7X1, 7X2, the main control system 10 accurately controls the position of the measurement stage 5 through the linear motors or the like. At this point, if it is desired to align the reference plate 6 to the illumination region 9 more accurately, an alignment mark can be formed beforehand on

the reference plate 6 to detect the position of this mark using a reticle alignment microscope.

On the other hand, during measurement, the position of the reticle stage RST in the non-scanning direction is not measured, but once the reticle stage RST comes to the bottom of the illumination region 9 for exposure, the movable mirror of the reticle stage RST is illuminated once again by the laser beams from the laser interferometers 7X1 and 7X2. Then, since the final alignment is performed using the reticle alignment microscope, there is no interruption of the laser beams from the laser interferometers 7X1 and 7X2.

Returning to FIG. 1, the wafer W is held on the wafer stage WST through a wafer holder, not shown, and the wafer stage WST is placed on a surface plate 13 through air bearings in such a manner to be movable in the X and Y directions. A focus/leveling mechanism for controlling the position (focus position) in the Z direction and the angle of inclination of the wafer W is also incorporated in the wafer stage WST. Further, a measurement stage 14 provided with various measurement devices is placed on the surface plate 13 through air bearings in such a manner to be movable in the X and Y directions independently of the wafer stage WST. A mechanism for controlling the focus position on the upper surface of the measurement stage 14 is also incorporated in the measurement stage 14.

FIG. 3 is a plan view showing the wafer stage WST and



the measurement stage 14. In FIG. 3, arrays of coils are embedded, for example, in a predetermined layout inside the surface plate 13 on its top side, while yokes and arrays of magnets are embedded at the bottom of the wafer stage WST and the measurement stage 14, respectively. Each array of coils and a corresponding array of magnets constitute a planar motor, respectively. Using the planar motors, the positions in the X and Y directions and rotation angles of the wafer stage WST and the measurement stage 14 are controlled independently of each other. More details of a planar motor are disclosed, for example, in Japanese Patent Application Laid-Open No. 8-51756.

The wafer stage WST in this example has only minimum functions required for exposure. In other words, the wafer stage WST has the focus/leveling mechanism, and two members fixed on wafer stage WST. The two members are the wafer holder (on the bottom side of the wafer W) for holding the wafer W by suction and a reference mark plate 17 for measuring the position of the wafer stage WST. Reference marks (not shown) upon which the positions in the X and Y directions are based are formed on the reference mark plate 17. The positions of the reference marks are detected by the alignment sensor 16 to detect a positional relationship of the wafer stage WST (wafer W) to a projected image of the reticle R, for example.

Further, the surface of the measurement stage 14 is set substantially flush with the surface of the wafer W on

the wafer stage WST. Then, a dose sensor 18 as a photoelectric sensor for measuring total energy (incident energy) of exposure light passing through the projection optical system PL per unit time, an illuminance unevenness sensor 19 for measuring an illumination distribution within the slit-shaped exposure region 12 of the projection optical system PL, and a measurement plate 20 in which slits 21X and 21Y are formed to measure image forming characteristics are fixed on the measurement stage 14. A condenser lens and a photoelectric sensor are arranged on the bottom side of each of the X-axis slit 21X and the Y axis slit 21Y of the measurement plate 20, respectively. The measurement plate 20 and the photoelectric sensors, etc. constitute a aerial image detection system. A rectangular opening edge can be used instead of each of the slits 21X and 21Y. Then, the light-receiving surface of the dose sensor 18 is formed to have a size enough to cover the exposure region 12, and the light-receiving portion of the illuminance unevenness sensor 19 is formed into a pinhole. Detection signals from the dose sensor 18 and the illuminance unevenness sensor 19 are supplied to the main control system 10 of FIG. 1.

Further, detection signals from the photoelectric sensors on the bottom side of the measurement plate 20 are supplied to an image-forming characteristic computation system 11. In this case, upon measuring the image forming characteristics of the projection optical system PL, the

reference plate 6 on the measurement stage 5 on the reticle side in FIG. 2 is moved to the illumination region 9, and images of the fiducial marks IM formed on the reference plate 6 are projected to the wafer stage side. The images are scanned in the X and Y directions through the slits 21X and 21Y on the measurement plate 20, respectively, and the detection signals from the photoelectric sensors provided on the bottom side of the measurement plate 20 are input into the image-forming characteristic computation system 11. The image-forming characteristic computation system 11 processes the detection signals to detect the positions, contrast, etc. of the images of the fiducial marks IM in order to determine the field curvature, distortion, best focus position, etc. of the projected image or the like based on the detection results, and outputs the determination results to the main control system 10. Further, though not shown, a mechanism for driving a specific lens inside the projection optical system PL to correct the image forming characteristics such as distortion is also provided so that the main control system 10 can correct the image forming characteristics of the projection optical system PL through this correction mechanism.

In FIG. 3, heat sources such as amps, power sources, and communication signal cables are connected to the dose sensor 18, the illuminance unevenness sensor 19, the photoelectric sensors on the bottom side of the measurement

plate 20, etc. provided on and in the measurement stage 14, respectively. Therefore, if such sensors are mounted on the wafer stage WST for exposure, there will be a danger of deteriorating the positioning accuracy and the like due to the heat sources or tension of the signal cables attached to the sensors. There is also a danger of deteriorating the positioning accuracy and the like due to thermal energy caused by irradiation of exposure light during measuring the image forming characteristics and the like. In contrast, in this example, since these sensors are provided on or in the measurement stage 14 separated from the wafer stage WST for exposure, there are advantages that the size and weight of the wafer stage WST can be reduced and that the deterioration of positioning accuracy due to thermal energy from the measurement sensors or of exposure light during measurement can be prevented. The reduced size of the wafer stage WST can improve the moving speed and controllability of the wafer stage WST, thereby increasing throughput in the exposure process and further improving positioning accuracy and the like.

Further, a laser beam is irradiated from a laser interferometer 15Y arranged in the +Y direction with respect to the surface plate 13 to a moving mirror on the side face of the wafer stage WST in the +Y direction, and laser beams are irradiated from two laser interferometers 15X1 and 15X2 arranged in the -X direction to a moving mirror on the side face of the wafer stage WST in the -X

direction. The X coordinate, Y coordinate, and angle of rotation of the wafer stage WST are measured by the laser interferometers 15Y, 15X1, and 15X2, and the measured values are supplied to the main control system 10 of FIG. 1. The main control system 10 controls the speed and position of the wafer stage WST through the linear motors based on the measured values. Further, during measurement of the incident energy of the exposure light or the like, a laser beam for the position measurement is irradiated to a moving mirror of the measurement stage 14.

FIG. 4 shows an example of the arrangement of the wafer stage WST and the measurement stage 14 during measurement of the incident energy of the exposure light or the like. As shown in FIG. 4, when the wafer stage WST is moved away from the exposure region 12 and the measurement stage 14 is moved to a position where the exposure region 12 falls on the measurement stage 14, the laser beams from the laser interferometers 15Y, 15X1, and 15X2 go off the side faces of the wafer stage WST and are irradiated to the moving mirrors on the side faces of the measurement stage 14. Based on the measured values obtained at this time from the laser interferometers 15Y, 15X1, and 15X2, the main control system 10 accurately controls the position of the measurement stage 14 through the planar motors. Since the positions of the wafer stage WST and the measurement stage 14 can be roughly controlled by driving the planar motors under open loop, the main control system 10 uses the

planar motors to drive the wafer stage WST and the measurement stage 14 by an open loop method while no laser beam is being irradiated. Alternatively, in addition to the laser interferometers 15Y, 15X1, and 15X2, linear encoders or the like can be provided for detecting the positions of the wafer stage WST and the measurement stage 14 with a predetermined degree of accuracy so that position measurement will be performed using these linear encoders or the like while no laser beam is being irradiated.

Returning to FIG. 1, although not shown, an oblique incidence type focal position detection system (AF sensor) is arranged on a lateral side of the projection optical system PL. The focal position detection system projects a slit image obliquely to a plurality of measuring points on the surface of the wafer W to detect the focus positions of the corresponding measuring points from lateral shifts of slit images re-formed from the reflected light. Then, based on the detection results from the focal position detection system, the surface of the wafer W during scanning exposure is focused on the image plane of the projection optical system PL. Note that, though not shown in FIG. 3, a reference member having a reference plane for the focal position detection system is also provided on the measurement stage 14.

The following describes the operation of the projection exposure apparatus in this example. First, using the measurement stage 14 on the wafer stage side, the

amount of exposure light IL incident into the projection optical system PL is measured. In this case, in order to measure the amount of incident light under such a condition that the reticle R is loaded, the reticle R for exposure is loaded on the reticle stage RST and moved onto the illumination region of the exposure light IL as shown in FIG. 1. After that, as shown in FIG. 4, the wafer stage WST is moved away, for example, in the +Y direction on the surface plate 13, and the measurement stage 14 is moved toward the exposure region 12 of the projection optical system PL. After that, the measurement stage 14 stops at a position where the light-receiving surface of the dose sensor 18 covers the exposure region 12, and under this condition, the amount of exposure light IL is measured via the dose sensor 18.

The main control system 10 supplies the measured amount of light to the image-forming characteristic computation system 11. At this time, another measured value such as that obtained, for example, by detecting a light flux diverged from the exposure light IL inside the illumination system 1 is also supplied to the image-forming characteristic computation system 11. Based on the two measured values, the image-forming characteristic computation system 11 calculates and stores a coefficient for computing the amount of light incident into the projection optical system PL indirectly from the amount of light monitored inside the illumination system 1. During

this period, the wafer W is loaded onto the wafer stage WST. After that, as shown in FIG. 3, the measurement stage 14 is moved to a position away from the exposure region 12 and the wafer stage WST is so moved that the center of the wafer W on the wafer stage WST will be positioned near the optical axis AX (the center of the exposure region 12) of the projection optical system PL. While the wafer stage WST is being moved away, since no laser beam is irradiated from the laser interferometers 15Y, 15X1, and 15X2 as shown in FIG. 4, position control is performed by driving the planar motors, for example, by an open loop method.

After that, when the measurement stage 14 is moved away from the exposure region 12 and the laser interferometers 15Y, 15X1, and 15X2 start irradiation of laser beams to the wafer stage WST, the position of the wafer stage WST is controlled based on the measured values from these laser interferometers. After that, the reticle stage RST is so driven that the amount of positional deviation between a predetermined alignment mark on the reticle R and a predetermined reference mark on the reference mark member 17 of FIG. 3 will be adjusted to a target value using a reticle alignment microscope, not shown, thus performing alignment of the reticle R. Almost at the same time, the position of another reference mark on the reference mark member 17 is detected by the alignment sensor 16 of FIG. 1, thereby detecting a positional relationship (baseline amount) of the wafer stage WST to



the projected image of the reticle R accurately.

Next, the position of a wafer mark attached to a predetermined shot area (sample shot) on the wafer W is detected via the alignment sensor 16, thereby determining the array coordinates of each shot area on the wafer W. After that, based on the array coordinates and a known baseline amount of the alignment sensor 16, scanning exposure is performed while aligning a shot area on the wafer W to be exposed with a pattern image on the reticle R.

During scanning exposure, as shown in FIG. 1, the wafer W is scanned at a speed of  $\beta \cdot VR$  (where  $\beta$  is the projection magnification) in the -X direction (or +X direction) through the wafer stage WST with respect to the exposure region 12 in synchronization with scanning of the reticle R at a speed of VR in the +Y direction (or -Y direction) through the reticle stage RST with respect to the illumination region 9 (see FIG. 2) of the exposure light IL. The scanning directions are reverse because the projection optical system PL project a reverse image. Then, after completion of exposure to one shot area, the next shot area is moved to the scanning start position by stepping the wafer stage WST, thus performing exposure to each shot area sequentially by a step-and-scan method. During this scanning exposure, as shown in FIGS. 2 and 3, the measurement stage 14 on the wafer stage side and the measurement stage 5 on the reticle stage side are located at positions withdrawn from the exposure regions,

respectively.

Further, during exposure, the amount of light such as a light flux diverged from the exposure light IL inside the illumination system 1 is measured at all times and supplied to the image-forming characteristic computation system 11. The image-forming characteristic computation system 11 calculates the amount of exposure light IL incident into the projection optical system PL based on the supplied, measured values of the light amounts and a predetermined coefficient, computes the amount of variation in the image forming characteristics (projection magnification, distortion, etc.) of the projection optical system PL due to absorption of the exposure light IL, and supplies the computation results to the main control system 10. The main control system 10 corrects the image forming characteristics by driving a predetermined lens inside the projection optical system PL, for example.

The above description is of normal exposure, but when the state of the apparatus is to be measured for maintenance of the projection exposure apparatus in this example, the measurement stage 14 is moved to the exposure region 12 side to perform measurement. For example, when the uniformity of illumination intensity in the exposure region 12 is to be measured, the reticle R is unloaded from the reticle stage RST, and as shown in FIG. 4, an illumination distribution is measured while finely moving the illuminance unevenness sensor 19 in the X and Y

directions within the exposure region 12. At this time, if the position of the measurement stage 14 needs to be determined more accurately, a reference mark member corresponding to the reference mark member 17 can be provided on the measurement stage 14 like on the wafer stage WST to measure the position of the reference marks inside the reference mark member using the alignment sensor 16.

The following describes the operation of measuring image-forming characteristics of the projection optical system PL using the measurement stage 5 on the reticle stage side and the measurement stage 14 on the wafer stage side. In this case, in FIG. 2, the reticle stage RST is moved away in the +Y direction, and the illumination region 9 is moved into the range of the reference plate 6 on the measurement stage 5. At this time, since the laser beams in the non-scanning direction are irradiated from the laser interferometers 7X1 and 7X2 to the measurement stage 5, the measurement stage 5 can be positioned accurately based on the measured values from the laser interferometers 8Y, 7X1, and 7X2.

Here, as already described above, the images of the plurality of fiducial marks IM are projected to the wafer stage side through the projection optical system PL. Under this condition, as shown in FIG. 4, the measurement stage 14 is driven and the images of these index marks IM are scanned in the X and Y directions with the slits on the

measurement plate 20. Then, the detection signals from the photoelectric sensors on the bottom side of the measurement plate 20 are processed by the image-forming characteristic computation system 11, thereby determining the positions and contrast of these images. The positions and contrast of these images are determined while changing the focus position of the measurement plate 20 by a predetermined amount at a time. From these measurement results, the image-forming characteristic computation system 11 determines the amount of variation in the image forming characteristics of the projection optical system PL, such as the best focal position of the projected image, image plane curvature, and distortion (including a magnification error). The amount of variation is supplied to the main control system 10, and if the amount of variation exceeds a tolerance level, the main control system 10 corrects the image forming characteristics of the projection optical system PL.

In the aforementioned embodiment, as shown in FIG. 3, the wafer stage WST and the measurement stage 14 are driven on the surface plate 13 by the planar motors. However, the wafer stage WST and the measurement stage 14 can also be driven two-dimensionally using a combination of one-dimensional motors.

The following describes a second embodiment with reference to FIGS. 5 and 6, where each of the wafer stage and the measurement stage is driven by a mechanism using

one-dimensional motors in combination. This example also applies the present invention to a step-and-scan type projection exposure apparatus, and portions in FIGS. 5 and 6 corresponding to those in FIGS. 1 to 3 are given the same reference numerals and symbols to omit the detailed description thereof.

FIG. 5 is a plan view showing the wafer stage side of the projection exposure apparatus in this example. FIG. 6 is a front view thereof. In FIGS. 5 and 6, two X-axis linear guides 34A and 34B are provided on the upper face of a surface plate 33 in parallel to each other along the X direction, and a Y-axis linear guide 32 elongated in the Y direction (scanning direction) is provided to couple the X-axis linear guides 34A and 34B. The Y-axis linear guide 32 is driven by a linear motor, not shown, in the X direction along the X-axis linear guides 34A and 34B.

Further, a wafer stage 31 and a measurement stage 35 are arranged independently of each other and movably in the Y direction along the Y-axis linear guide 32, respectively. The wafer W is held by suction on the wafer stage 31 through a wafer holder, not shown. The dose sensor 18, the illuminance unevenness sensor 19, and the measurement plate 20 are fixed on the measurement stage 35, and photoelectric sensors are incorporated in the measurement plate 20 on its bottom side. In this case, the bottom surfaces of the wafer stage 31 and the measurement stage 35 are placed on the surface plate 33 through air bearings, respectively.

The wafer stage 31 and the measurement stage 35 are driven through linear motors, not shown, respectively and independently of each other in the Y direction along the Y-axis linear guide 32. In other words, the wafer stage 31 and the measurement stage 35 are driven two-dimensionally and independently of each other along the Y-axis linear guide 32, and the X-axis linear guides 34A and 34B. Then, in this example, the two-dimensional positions of the wafer stage 31 and the measurement stage 35 are also measured by four laser interferometers like the laser interferometers 7Y, 7X1, 7X2, and 8Y on the reticle stage side in FIG. 2. Then, based on the measurement results, the positions or driving speeds of the wafer stage 31 and the measurement stage 35 are controlled. The other structural portions are the same as those in the first embodiment.

In this example, upon measuring the irradiation energy of exposure light or the image forming characteristics of the projection optical system, the wafer stage 31 is moved away from an exposure region of the exposure light to a position separated in the -Y direction, and the measurement stage 35 is moved into the range of the exposure region. On the other hand, upon exposure, the measurement stage 35 is moved away from the exposure region of the exposure light to a position separated in the +Y direction. After that, the wafer stage 31 is stepped in the X and Y directions to move a target shot area on the wafer W to the scanning start position corresponding to the

exposure region, and the wafer stage 31 is moved at a constant speed in the Y direction along the Y-axis linear guide 32, thereby performing scanning exposure to the shot area.

As mentioned above, according to this example, the measurement stage 35 is arranged along the Y-axis linear guide 32 independently of the wafer stage 31. In this structure, upon driving in the scanning direction (Y direction), which requires higher control accuracy of the stages, since the measurement stage 35 does not need driving and the size and weight of the wafer stage 31 is reduced, the scanning speed can be improved, thereby improving the synchronization accuracy and the like during scanning exposure. On the other hand, upon driving in non-scanning direction (X direction), since the measurement stage 35 is also driven at the same time, the load on the drive mechanism increases. However, since control accuracy required upon driving in the non-scanning direction is not so high compared to that in the scanning direction, the influence of such an increased load is small. Further, the measurement stage 35 as a heat source is separated from the wafer stage 31, thereby preventing lowering of the positioning accuracy and the like of the wafer stage 31.

Note that, in this example, a second Y-axis linear guide 36 as indicated by a chain double-dashed line in FIGS. 5 and 6 can be arranged in parallel with the Y-axis linear guide 32 to be movable in the X direction so that the

measurement stage 35 will be arranged on this Y-axis linear guide 32 to be movable in the Y direction. This can also improve control accuracy upon driving the wafer stage 31 in the X direction.

Although in the first embodiment, the reticle stage RST and measurement stage 5 are arranged along the same guides 4A and 4B, but the reticle stage RST and the measurement stage 5 can be arranged to be movable two-dimensionally like those on the wafer stage side in FIG. 3.

Further, in the aforementioned embodiments, the single wafer stage WST or 31 on which the wafer W is placed is provided respectively, two or more wafer stages can be provided to load wafers W, respectively. In this case, a method can be used by which exposure is performed on one wafer stage and measurement for alignment or wafer replacement is done on the other wafer stage. Similarly, two or more reticle stages can be provided on the reticle stage side to load reticles R, respectively, so that images of these reticles will be exposed and transferred sequentially to the same shot area on the wafer while changing the exposure conditions (focus position, exposure amount, illumination condition, etc.).

The following describes a third embodiment of the present invention with reference to FIGS. 7 and 8. This example includes a cooling device for cooling down the measuring devices provided on the wafer stage. Portions in FIGS. 7 and 8 corresponding to those in FIGS. 1 to 3 are



given the same reference numerals and symbols to omit the detailed description thereof.

FIG. 7 shows a projection exposure apparatus in this example. In FIG. 7, the wafer W is arranged on the exposure region 12 side to be exposed through the projection optical system PL. The wafer W is held on a wafer stage 41 through a wafer holder, not shown, and the wafer stage 41 is placed on the surface plate 13 and driven, for example, by planar motors in the X and Y directions. Although not shown, a mechanism for controlling the focus position and angle of inclination of the wafer W is also incorporated in the wafer stage 41. Further, a measurement mechanism for measuring exposure light IL or image forming characteristics is incorporated in the wafer stage 41 in such a manner to surround the wafer W.

FIG. 8 is a plan view of the wafer stage 41 of FIG. 7. In FIG. 8, the reference mark member 17, the dose sensor 18, the illuminance unevenness sensor 19, and the measurement plate 20 in which slits 21X and 21Y are formed are arranged near the wafer W (wafer holder). Further, a depressed portion 47 for placing a portable reference illuminance meter is formed near the dose sensor 18 on the wafer stage 41. The incident energy of the exposure light IL is measured with the reference illuminance meter placed in the depressed portion 47 to match the illumination intensities among different projection exposure apparatuses. Further, a reference member 46 on which a reference plane is formed

as a reference for the flatness or the like is also fixed in one corner on the wafer stage 41. In this example, a cooling device for cooling down the heat sources of these measurement mechanisms is provided.

Specifically, as shown in a partially cutaway portion of FIG. 7, a condenser lens 42 and a photoelectric sensor 43 are arranged at the bottom of the slit 21Y of the measurement plate 20, and though not shown, an amp and the like are also connected to the photoelectric sensor 43. Therefore, a cooling pipe 44 is provided inside the wafer stage 41 to pass by the vicinity of the photoelectric sensor 43. A refrigerant as a liquid whose temperature is lower than the cooling device located outside is supplied into the cooling pipe 44 through a highly flexible duct 45A, and the refrigerant passing through the duct 45A is returned to the cooling device through a highly flexible duct 45B. The cooling pipe 44 is arranged also to pass by the vicinity of the dose sensor 18 and the illuminance unevenness sensor 19 in FIG. 8, and the bottom of the depressed portion 47 for the reference illuminance meter, the reference mark member 17, and the reference member 46. In this example, since thermal energy from the heat sources such as amps of these measuring devices is discharged through the refrigerant in the cooling pipe 44, the positioning accuracy or the like of the wafer W is not degraded due to the thermal energy. Further, upon measuring the incident energy of the exposure light IL or

the like, even if the exposure light IL is irradiated to the dose sensor 18 or the illuminance unevenness sensor 19, the irradiation energy is discharged through the refrigerant in the cooling pipe 44, so that the positioning accuracy or the like of the wafer W is not degraded due to the irradiation energy.

In this example, the liquid refrigerant is used to cool down the measuring devices, but air or the like, for example, for use in an air-conditioning system can be intensively sent to the vicinity of these measuring devices to cool down the devices.

The piping layout of the cooling pipe 44 and the layout of each of the measurement members (reference mark member 17, dose sensor 18, illuminance unevenness sensor 19, measurement plate 20, etc.) can take a variety of layouts within a range in which the cooling pipe 44 can sufficiently cool down each of the measurement members.

Further, two or more cooling pipes 44 can be provided (or the cooling pipe 44 can be branched) to cool down each of the measurement members in parallel.

The following describes a fourth embodiment of the present invention with reference to FIG. 9. This example includes a heat-insulating member between the layout area of the wafer on the wafer stage (first stage) and the layout area of the measuring devices (second stage). Portions in FIG. 9 corresponding to those in FIG. 8 are given the same reference numerals and symbols to omit the

detailed description thereof.

FIG. 9 shows a wafer stage 41A driven on the surface plate in the X and Y directions like the wafer stage 41 in FIG. 8. In FIG. 9, the top of the wafer stage 41A is divided into a measuring device placing area 41Aa and a remaining area by a thermal insulating board 48 made of a material having lower thermal conductivity than the wafer stage 41A. If the wafer stage 41A is made of a metal such as iron or ceramic, resin, glass, or a vacuum insulation package can be used for the thermal insulating board 48. Further, a temperature-controlled liquid can be flown instead of the thermal insulating board 48. The wafer W is placed on the latter area through a wafer holder (not shown), and reference mark member 17 as a positional reference is provided on the same area. On the other hand, a reference mark member 17A on which marks as positional references are formed, the dose sensor 18, the illuminance unevenness sensor 19, reference member 46 having a reference plane, and the measurement plate 20 in which slits are formed are arranged within the former measuring device placing area 41Aa. Further, on the measuring device placing area 41Aa, the depressed portion 47 for placing the reference illuminance meter is formed.

In this example, although the measuring devices within the measuring device placing area 41Aa area are used upon measuring exposure light or image forming characteristics, since thermal energy generated from amps

and the like of these measuring devices is less likely to diffuse into the wafer W side due to the effect of the thermal insulating board 48, the positioning accuracy or the like of the wafer W is not degraded. Similarly, there is also an advantage that irradiation energy produced by the exposure light during measurement is less likely to diffuse into the wafer W side due to the effect of the thermal insulating board 48.

Even in the structure where the wafer stage WST and measurement stage 14 are separated, for example, as shown in FIG. 3, conditioned air between the wafer stage WST and the measurement stage 14 can be thought of as a heat-insulating member. Further, as for the reticle stage side, a heat-insulating member can also be arranged between an area for loading the reticle and an area for placing the measuring devices.

In the aforementioned embodiments, the present invention is applied to a step-and-scan type projection exposure apparatus, but the present invention is also applicable to a batch exposure type projection exposure apparatus (stepper), or a proximity type exposure apparatus that does not use a projection optical system. Further, the present invention can be used not only for the exposure apparatus, but also for an inspection apparatus using a stage for positioning a wafer or the like, a repair apparatus, etc.

Thus, the present invention is not limited to the

aforementioned embodiments and various structures are possible without departing from the scope of the present invention.

#### INDUSTRIAL APPLICABILITY

According to a first or second exposure apparatus of the present invention, since a second stage having a measuring device is provided independently of a first stage for moving a mask or substrate, there is an advantage that the size and weight of the stage for positioning the mask or substrate can be reduced while keeping a function for measuring the state of exposure beam (exposure light) or the image forming characteristics of a projection optical system, respectively. Therefore, the control performance of these stages can be improved, and throughput in the exposure process can also be improved. Further, since a heat source, such as a photoelectric sensor or amp, which forms part of the measuring device is separated from the stage for exposure, alignment accuracy and the like can be improved. Particularly, when the present invention is applied to a scanning exposure apparatus such as a step-and-scan type, the improvement in scanning speed significantly improves throughput, and the effect of the present invention is especially noticeable.

In these cases, if the second stage is arranged to be movable independently of the first stage, the first stage can be moved quickly to a measuring area.

Further, if a control device for moving the first stage between a position (exposure region) to which an exposure beam is irradiated and a position (non-exposure region) to which the exposure beam is not irradiated, the first stage can be quickly withdrawn upon measurement.

Further, if a control device for moving the second stage between the position (exposure region) to which the exposure beam is irradiated and the position (non-exposure region) to which the exposure beam is not irradiated, the second stage can be quickly withdrawn upon exposure.

Further, if a control device for locating the second stage at the position to which the exposure beam is not irradiated when the first stage is at the position to which an exposure beam is irradiated, the two stages can be used alternatively and efficiently.

According to a first or second exposure method of the present invention, since a second stage having a measuring device is provided independently of a first stage for moving a mask or substrate, there is an advantage that the size and weight of the stage for positioning the mask or substrate can be reduced while keeping a function for measuring the state of exposure beam (exposure light) or the image forming characteristics of a projection optical system, respectively. Therefore, the control performance of these stages can be improved, and throughput in the exposure process can also be improved. Further, since a heat source, such as a photoelectric sensor or amp, which

forms part of the measuring device is separated from the stage for exposure, alignment accuracy and the like can be improved. Particularly, when the present invention is applied to a scanning exposure apparatus such as a step-and-scan type, the improvement in scanning speed significantly improves throughput, and the effect of the present invention is especially noticeable.

In these cases, if the second stage is arranged to be movable independently of the first stage, the first stage can be moved quickly to a measuring area.

Further, if the first stage is moved between a position (exposure region) to which an exposure beam is irradiated and a position (non-exposure region) to which the exposure beam is not irradiated, the first stage can be quickly withdrawn upon measurement.

Further, if the second stage is moved between the position (exposure region) to which an exposure beam is irradiated and the position (non-exposure region) to which the exposure beam is not irradiated, the second stage can be quickly withdrawn upon exposure.

Further, if the second stage is located at the position to which the exposure beam is not irradiated when the first stage is at the position to which the exposure beam is irradiated, the two stages can be used alternatively and efficiently.

According to a third or fourth exposure apparatus or a third or fourth exposure method of the present invention,



since a cooling device for cooling down a measuring device is provided, the adverse effects of a temperature rise during measurement of the state of an exposure beam or the image forming characteristics of a projection optical system can be mitigated, resulting in an advantage of improving positioning accuracy and alignment accuracy.

According to a fifth or sixth exposure apparatus or a fifth or sixth exposure method of the present invention, since a heat-insulating member is provided between two stages, the adverse effects of a temperature rise during measurement of the state of an exposure beam or the image forming characteristics of a projection optical system can be mitigated, resulting in an advantage of improving positioning accuracy and alignment accuracy.

Further, if the heat-insulating member is a solid material having low thermal conductivity, the two stages can be driven together, while if the heat-insulating member is a temperature-controlled gas, the effect of reducing the size of the first stage can also be obtained.

## CLAIMS

1. An exposure apparatus for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using an exposure beam, the exposure apparatus comprising:

a first stage moving over a predetermined region while holding either of the mask and the substrate;  
a second stage independent of the first stage; and  
a measuring device attached to the second stage to measure the state of the exposure beam.

2. The exposure apparatus according to claim 1, wherein

the second stage is arranged to be movable independently of the first stage.

3. The exposure apparatus according to claim 1, further comprising

a control device that moves the first stage between a position to which the exposure beam is irradiated and a position to which the exposure beam is not irradiated.

4. The exposure apparatus according to claim 2, further comprising

a control device that moves the second stage between a position to which the exposure beam is irradiated and a position to which the exposure beam is not irradiated.

5. The exposure apparatus according to claim 1, further comprising

a control device that locates the second stage at a

position to which the exposure beam is not irradiated when the first stage is at a position to which the exposure beam is irradiated.

6. An exposure apparatus for projecting a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the exposure apparatus comprising:

a first stage moving over a predetermined region while holding either of the mask and the substrate;

a second stage independent of the first stage; and

a measuring device arranged on the second stage to measure the image forming characteristics of the projection optical system.

7. The exposure apparatus according to claim 6, wherein

the second stage is arranged to be movable independently of the first stage.

8. The exposure apparatus according to claim 6, wherein

the first stage holds the substrate, and

the exposure apparatus further comprises a control device that moves the first stage between a position within an exposure region of the projection optical system and a predetermined position outside of the exposure region.

9. The exposure apparatus according to claim 6, further comprising

a control device that moves the second stage between a position within an exposure region of the projection

optical system and a predetermined position outside of the exposure region.

10. An exposure apparatus for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using an exposure beam, the exposure apparatus comprising:

a stage on which a measuring device that measures the state of the exposure beam is arranged; and

a cooling device provided for the stage to cool down the measuring device.

11. An exposure apparatus for projecting a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the exposure apparatus comprising:

a stage on which a measuring device that measures the image forming characteristics of the projection optical system is arranged; and

a cooling device provided for the stage to cool down the measuring device.

12. An exposure apparatus for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using exposure beam, the exposure apparatus comprising:

a first stage moving over a predetermined region while holding either of the mask and the substrate;

a second stage on which a measuring device that measures the state of the exposure beam is mounted; and

a heat-insulating member arranged between the first stage and the second stage to block heat transmitted from the second stage.

13. The exposure apparatus according to claim 12, wherein,

the heat-insulating member is a solid material having low thermal conductivity or a temperature-controlled gas.

14. An exposure apparatus for projecting a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the exposure apparatus comprising:

a first stage moving over a predetermined region while holding the substrate;

a second stage on which a measuring device that measures the image forming characteristics of the projection optical system is mounted; and

a heat-insulating member arranged between the first stage and the second stage to block heat transmitted from the second stage.

15. The exposure apparatus according to claim 14, wherein

the heat-insulating member is a solid material having low thermal conductivity or a temperature-controlled gas.

16. An exposure method for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using an exposure beam, the exposure method comprising:

a step of causing a first stage to move over a predetermined region while holding either of the mask and the substrate; and

a step of causing a measuring device attached to a second stage independent of the first stage to measure the

state of the exposure beam.

17. The exposure method according to claim 16,  
wherein

the second stage used in the measuring step is  
arranged to be movable independently of the first stage  
using in the moving step.

18. The exposure method according to claim 16,  
wherein

the first stage moves in the moving step between a  
position to which the exposure beam is irradiated and a  
position to which the exposure beam is not irradiated.

19. The exposure method according to claim 17,  
further comprising

a step of causing the second stage to move between a  
position to which the exposure beam is irradiated and a  
position to which the exposure beam is not irradiated.

20. The exposure method according to claim 16,  
further comprising

a step of locating the second stage at a position to  
which the exposure beam is not irradiated when the first  
stage is at a position to which the exposure beam is  
irradiated.

21. An exposure method for projecting a pattern  
formed on a mask onto a substrate through a projection  
optical system, the exposure method comprising:

a step of causing a first stage to move over a  
predetermined region while holding either of the mask and

the substrate; and

a step of causing a measuring device arranged on a second stage independent of the first stage to measure the image forming characteristics of the projection optical system.

22. The exposure method according to claim 21, wherein

the second stage used in the measuring step is arranged to be movable independently of the first stage using in the moving step.

23. The exposure method according to claim 21, wherein

the first stage holds the substrate, and

the first stage moves in the moving step between a position within an exposure region of the projection optical system and a predetermined position outside of the exposure region.

24. The exposure method according to claim 21, further comprising

a step of moving the second stage between a position within an exposure region of the projection optical system and a predetermined position outside of the exposure region.

25. An exposure method for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using an exposure beam, the exposure method comprising:

a step of causing a measuring device arranged on a stage to measure the state of the exposure beam; and

a step of causing a cooling device provided for the stage to cool down the measuring device.

26. An exposure method for projecting a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the exposure method comprising:

a step of causing a measuring device arranged on a stage to measure the image forming characteristics of the projection optical system; and

a step of causing a cooling device provided for the stage to cool down the measuring device.

27. An exposure method for transferring a pattern formed on a mask onto a substrate using exposure beam, the exposure method comprising:

a step of causing a first stage to move over a predetermined region while holding either of the mask and the substrate;

a step of causing a measuring device attached to the second stage to measure the state of the exposure beam; and

a step of causing a heat-insulating member arranged between the first stage and the second stage to block heat transmitted from the second stage.

28. The exposure method according to claim 27, wherein

the heat-insulating member used in the heat blocking step is a solid material having low thermal conductivity or a temperature-controlled gas.

29. An exposure method for projecting a pattern



formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the exposure method comprising:

a step of causing a first stage to move over a predetermined region while holding the substrate;

a step of causing a measuring device mounted on a second stage to measure the image forming characteristics of the projection optical system; and

a step of causing a heat-insulating member arranged between the first stage and the second stage to block heat transmitted from the second stage.

30. The exposure method according to claim 29, wherein

the heat-insulating member used in the heat blocking step is a solid material having low thermal conductivity or a temperature-controlled gas.

(図面訳)

(FIG. 1)

走査方向          SCANNING DIRECTION

結像特性演算系          IMAGE-FORMING CHARACTERISTIC COMPUTATION  
SYSTEM

主制御部          MAIN CONTROL SYSTEM

(FIG. 2)

走査方向          SCANNING DIRECTION

(FIG. 5)

走査方向          SCANNING DIRECTION

(FIG. 9)

断熱板 THERMAL INSULATING BOARD